

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Отделение школы НОЦ Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка состава сырьевой массы для производства санитарно-строительных изделий

УДК 666.016.2:666.6/9.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ72	Штумпф Анастасия Эдуардовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трубченко Т.Г.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романова С.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казьмина О.В.	Д.Т.Н.		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Код рез ультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов	Требования ФГОС (ПК-2, 10, 12), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-2, 4-7, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1, 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке	Требования ФГОС (ПК-1, 17), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий	Требования ФГОС (ПК-14-16, ОК-2-6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-1, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-7, ОК-3) Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокие</i> знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4, 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , ПС рег. 853 от 19.09.2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Отделение школы НОЦ Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Казьмина О.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерская диссертация
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ72	Штумпф Анастасия Эдуардовна

Тема работы:

Разработка состава сырьевой массы для производства санитарно-строительных изделий
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Т.Г.
Социальная ответственность	Романова С.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы (Literature review)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	К.Т.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ72	Штумпф Анастасия Эдуардовна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Уровень образования – магистратура
Отделение школы НОЦ Н.М. Кижнера
Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	
	Обязательное приложение на иностранном языке	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	К.Т.Н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 105 с., 21 рис., 27 табл., 65 источников, 1 прил.

Ключевые слова: глиняный шликер, разжижение, корректирующие добавки.

Объектом исследования являются образцы глиняного шликера заданного состава с различными добавками.

Цель работы: разработать составы для получения санитарно-строительных изделий с использованием корректирующих добавок.

В процессе выполнения работы проводились исследования физико-химических характеристик исходного сырья и полученных материалов, оценивался минералогический состав сырья с помощью рентгенографии, исследовались технологические свойства шликерных масс.

В результате исследования разработан состав на основе глины евсинской с модифицирующими добавками, позволяющий сократить число используемых глинистых компонентов.

Область применения: получения санитарно-строительных изделий с улучшенными характеристиками.

Экономическая значимость работы с точки зрения экономической части. Сформулировали цели и ожидаемые результаты. Основным преимуществом проекта, которое необходимо развивать, является использование местного сырья и частичный отказ от привозного, так же поиск оптимальной добавки при использовании которой шликер будет соответствовать всем литейным требованиям, которые обеспечат технические характеристики шликера на уровне конкурентных разработок. Проверили ресурсоэффективность, в ходе чего можно сделать вывод, эксперимент является выгодным, так как расход сырья и электроэнергии не значителен.

Оглавление

Реферат	6
1. Литературный обзор	10
1.1 Сырьевые материалы для санитарно-строительной керамики	10
1.1.1 Пластичные сырьевые материалы	10
1.1.2 Непластичные сырьевые материалы	13
1.2 Технологии производства санитарно-строительных изделий	17
1.2.1 Способ пластического формования	17
1.2.2 Прессование	18
1.2.3 Литье под давлением	18
1.2.4 Шликерное литье	21
1.3 Основные технологические операции	24
1.3.1 Подготовка материалов	25
1.3.2 Мокрый помол и применение поверхностно-активных веществ	26
1.3.3 Новые методики определения статического и динамического поведения потока суспензий, содержащих глинистые минералы	27
1.3.4 Смешивание сырьевых компонентов керамической массы	33
1.3.4 Формование	35
1.3.5 Сушка	36
1.3.6 Обжиг	37
1.3.7 Роспись или глазурование	38
2. Методы исследования	40
2.1 Свойства шликерных масс	40
2.1.1 Определение текучести шликера на вискозиметре Энглера	40
2.1.2 Определение загустеваемости	41
2.1.3 Определение устойчивости шликерных масс	41
2.1.4 Определение скорости набора массы методом гипсовых стерженьков	42
2.2 Свойства глинистого сырья	44
2.2.1 Определение формовочной влажности	44

2.2.2	Определение воздушной усадки	44
2.2.3	Метод определения предела прочности при сжатии	45
2.2.4	Определение водопоглощения	45
2.2.5	Определение воздушной усадки	46
2.2.6	Определение коэффициента чувствительности глин к сушке	47
2.2.7	Определение числа пластичности глин по ГОСТ 21216.1-81	47
3.	Расчеты и аналитика	49
3.1	Характеристика исходного пластичного сырья	49
3.2	Характеристика исходных непластичных компонентов	55
3.3	Выбор корректирующих добавок для получения санитарно-строительных изделий	56
3.3.1	Свойства шликера на основе Евсинской глины	56
3.3.2	Выбор корректирующих добавок	57
	Выводы	62
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
4.1	Предпроектный анализ	65
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	65
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
4.1.3	SWOT-анализ	68
4.2	Инициация проекта	69
4.2.1	Цели и результат проекта	69
4.2.2	Организационная структура проекта	70
4.2.3	Ограничения и допущения проекта	71
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	71
4.4	Бюджет научного исследования	73
4.4.1	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	73
4.4.2	Специальное оборудование для экспериментальных работ	74
4.4.3	Основная заработная плата	75
4.4.4	Накладные расходы	77

4.4.5 Отчисления на социальные нужды	77
4.5 Реестр рисков проекта	77
4.6 Заключение по разделу	79
5. Социальная ответственность	82
Введение	82
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
5.2. Производственная безопасность	83
5.2.1. Анализ вредных факторов производственной среды	84
5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата	84
5.2.1.2 Превышение уровня шума	85
5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	86
5.2.1.4 Безопасность обращения с вредными веществами.	87
5.2.1.5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	88
5.2.1.6 Движущиеся машины и механизмы	89
5.2.1.7 Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.	90
5.3 Экологическая безопасность	90
5.3.1 Защита селитебной зоны	90
5.3.2 Защита атмосферы	91
5.3.3 Защита гидросферы	91
5.3.4 Защита литосферы	91
5.3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
Приложение А	94
Список литературы	103

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сырьевые материалы для санитарно-строительной керамики

В производстве изделий санитарно-строительной керамики в качестве сырьевых материалов используют пластичные глины, каолины, кварц и кварцевые пески, пегматиты, полевые шпаты, тальк, бой обожженных изделий. Пригодность глин и каолинов для производства санстрой - изделий оценивается главным образом по способности водных глинистых и каолиновых суспензий разжижаться под действием электролитов.

1.1.1 Пластичные сырьевые материалы

Это огнеупорные тугоплавкие глины и каолины первичные или обогащенные.

Глины представляют собой природные водные силикаты глинозема с различного рода примесями. Находятся в природе в тонкодисперсном состоянии, способны при замешивании с водой давать пластичное, поддающееся формованию тесто, которое после сушки и обжига теряет пластичность и приобретает значительную механическую прочность. Глины различаются по химическому и минеральному составу, свойствам и областям применения. Область применения глины в зависимости от химико-минерального состава определяет ГОСТ 9169–75 «Сырье глинистое для керамической промышленности [1].

Глины являются продуктом разложения полевошпатовых горных пород в результате длительного воздействия атмосферных явлений: ветра, дождя, мороза, и др. по следующей реакции: $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + CO_2 + H_2O = Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$. По происхождению глины делятся на несколько типов: 1. Элювиальные (первичные) глины – оставшиеся на месте разложения (содержат остатки коренных горных пород, в т.ч. кварца). 2. Делювиальные (вторичные) – переотложенные, перенесенные ледником, ветром и водой (неоднородные по химическому составу). 3. Аллювиальные –

отложения, состоящие из обломочных материалов, различной степени окатанности и сортировки. Содержат много крупнозернистых включений. 4. Бентонитовые – коллоидные глины, минеральную основу которых составляет монтмориллонит.

К глинистым минералам относятся: Каолинит с химической формулой $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, структурной формулой $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$. Плотность каолинита составляет $2,60 \text{ г/см}^3$. Каолинит имеет слоистое строение с пакетом открытого типа, толщина пакета $7,2 \text{ \AA}$, сингония моноклинная. Имеет совершенную спайность. Внутри пакета действуют силы ионной связи, между пакетами более слабые силы Ван-дер-Ваальса. Каолинит физико-химическим образом взаимодействует с водой с образованием сорбционного комплекса. Составляет основу огнеупорных глин [2]. Монтмориллонит с химической формулой $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, структурной формулой – $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Плотность $2,00\text{--}2,50 \text{ г/см}^3$. Монтмориллонит имеет слоистое пакетное строение с пакетом закрытого типа. Толщина пакета от $9,6$ до 21 \AA . Внутри пакета действуют силы ионной связи, между пакетами более слабые силы Ван-дер-Ваальса. Слабая связность пакетов обеспечивает высокую степень набухания и диспергирования в воде. При взаимодействии с водой закрытый пакет может раскрываться, поэтому глины, содержащие монтмориллонит, обладают чрезвычайно высокой пластичностью и набухают в воде. Монтмориллонит обладает высокой адсорбционной способностью и высокой емкостью катионного обмена. Входит в состав как огнеупорных, так и легкоплавких глин. Примеси в глинах встречаются в виде свободного кремнезема, полевых шпатов, карбонатов кальция и магния, железистых минералов, гипса, растворимых солей и др. Свободный кремнезем встречается в глинах в виде кварцевого песка в количестве от нескольких процентов и больше. Глины По ГОСТ 9169–75 глины по содержанию свободного кремнезема разделяются на следующие группы, %: · с низким содержанием до 10; · со средним содержанием до 25; · с высоким содержанием выше 25. Кварцевые пески уменьшают связующую способность глин, уменьшают усадку, пластичность. Крупные частицы песка

улучшают сушильные свойства глин и повышают трещиностойкость. Карбонаты (известняк, доломит) в виде крупных включений после обжига изделий вызывают их разрушение. Если эти примеси в тонкодисперсном состоянии и равномерно распределены, то они лишь уменьшают огнеупорность глины и ее пластичность. Водорастворимые соли (NaCl , KCl , CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4) и гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ являются вредными примесями. По содержанию водорастворимых солей глины подразделяют на следующие группы: с низким содержанием от 1 до 5 мг экв/100 г глины; со средним 5–10 мг экв/100 г глины; с высоким содержанием свыше 10 мг экв/100 г глины. Содержание водорастворимых солей в глинах определяют по ГОСТ 21216–2014. В глине водорастворимые соли встречаются также в виде $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ – глауберита, $3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$ – вандгоффита, $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – полигалита. Для устранения «высолообразования» используют фильтрпрессование при получении керамической массы или добавляют BaCO_3 с осаждением BaSO_4 . Наличие гипса $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ухудшает все свойства глины, например, снижает способность к разжижению электролитами. Железосодержащие примеси в глинах встречаются в виде FeS_2 – пирита (серный колчедан), FeCO_3 – сидерита, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – лимонита, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – гидрогематита, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – гётита. Проявляются эти примеси в виде плавня, мушки. Для их определения выполняют огневую пробу. Примеси, не вредящие свойствам глин: циркон, турмалин, авгит, гранат, роговая обманка, полевые шпаты, пегматиты, дистен, тальк. Химико-минеральный, гранулометрический состав глин определяет их применение. Каолины – пластичное керамическое сырье, горная порода осадочного происхождения, в природном виде находится в тонкодисперсном состоянии. Основным минерал в каолинах – каолинит, который образуется в результате выветривания или гидротермально-метасоматического изменения алюмосиликатных пород разного возраста и геологических формаций. Каолинит состоит из мельчайших шестигранных кристалликов. Идеальная кристаллическая структура каолинита моноклинной сингонии сложена бесконечными листами: кремний-кислородные

тетраэдры имеют три общих кислорода и связаны попарно через свободные вершины алюминием и гидроксидом [3].

Лучшие по качеству каолины – сухого обогащения. Требования к каолинам для керамической промышленности приведены в ГОСТ 21286–82. Каолиновый шликер склонен к тиксотропии. Тиксотропия – это способность дисперсных систем к самопроизвольному и обратимому восстановлению прочности и эффективной вязкости во времени после разрушения структуры. Преимущества введения каолина в составы керамических масс: каолины хорошо разжижаются под действием традиционных электролитов в сравнении с глинами, введение каолина повышает белизну керамических масс, так же введение каолина ведет к хорошей муллитизации керамической массы.

Отличие каолинов от глины:

- 1) в составе каолина находится один глинистый минерал – каолинит, а глины – полиминеральное сырье;
- 2) каолины меньше, чем глины, загрязнены оксидами железа и титана;
- 3) каолины более грубодисперсны, чем глины, поэтому менее пластичны;
- 4) каолины содержат в составе большее количество химически связанной воды. Природные каолины представляют собой смесь каолина (45–50%) и кварца.

1.1.2 Непластичные сырьевые материалы

Отощающие материалы. Отощающие материалы используют в целях снижения усадки и деформации изделий при сушке и обжиге. Они облегчают процесс сушки, сокращают его продолжительность, уменьшают усадку изделий. В качестве отошителей используют: кварцевый песок, кварцевые отходы (отходы обогащения каолинов), шамот, бой изделий утильный и политой.

Сырьевые материалы керамического производства. Кварц представляет собой одну из полиморфных модификаций кремнезёма с плотностью 2,655 г/см³, температурой плавления 1610°C. Кремнезем известен в одной аморфной

и семи кристаллических модификациях [5]. Оксид кремния в природе обычно находится в виде β -кварца, а тридимит в природе не встречается. В технологии тонкокерамических производств наиболее пригоден жильный кварц или кварц, содержащийся в пегматитах. Согласно ГОСТ 7031-75, кварцевые пески для тонкой керамики должны содержать кремнезема не менее 95 % в первом сорте и 93 % – во втором, оксидов железа и титана соответственно не более 0,2 и 0,3 %. Модификации кремнезема имеют одинаковый химический состав, отличаются только кристаллической структурой, физическими и термодинамическими свойствами.

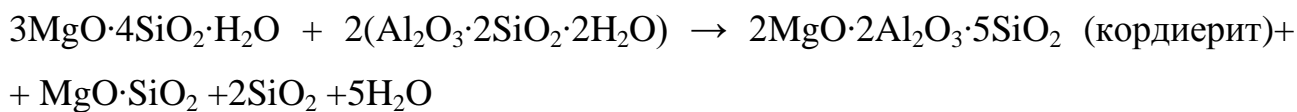
Плавни. В качестве плавней используют материалы с относительно невысокой температурой плавления или образующие с другими компонентами массы легкоплавкие эвтектики. Плавни, используемые в производстве керамических изделий, предназначены для снижения температуры спекания различных масс и растекания глазурей. Жидкая фаза, образовавшаяся в процессе обжига, оказывает растворяющее воздействие на частицы массы и способствует структурообразованию при более низких температурах. Изделия получают плотно спеченными при умеренной температуре обжига за счет твердо-жидкостного спекания. В качестве плавней используют полевые шпаты, пегматиты, плагиоклазы, перлит, нефелиновый сиенит, искусственно синтезированные плавни – спеки и полуспеки, стеклобой, фритту [7]. Сырьевые материалы керамического производства силикатах больших пустот способствует размещению в них крупных катионов с малыми зарядами: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} . Калиевый полевой шпат (КПШ) $KAlSi_3O_8$ в триклинной модификации называют микроклином, а в моноклинной – ортоклазом. Натриевый полевой шпат (НПШ) $NaAlSi_3O_8$ (альбит) и кальциевый полевой шпат $Ca[Al_2Si_2O_8]$ (анортит) образуют непрерывный ряд твердых растворов – плагиоклазов [3]. В расплаве НПШ $NaAlSi_3O_8$ интенсивно растворяются метакаолинит и кварц. Плавится НПШ конгруэнтно при 1118 °С. Имеет короткий интервал плавкости, резкое падение вязкости при повышенной температуре, что создает трудности для технологии. КПШ $KAlSi_3O_8$ плавится

при 1070 °С инконгруэнтно с образованием лейцита, имеющего температуру плавления 1686°С, и вязкого кремнеземсодержащего расплава. Имеет широкий интервал плавкости. В расплавленном состоянии обладает большей вязкостью, чем НПШ, что снижает деформируемость изделий при обжиге. В расплаве КПШ интенсивно растворяются метакраолинит и кварц [2]. Кальциевый полевой шпат $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ плавится конгруэнтно при 1550 °С. Высокая температура плавления ограничивает его применение в качестве плавня в технологии керамики. Играет роль плавня только при совместном введении с щелоче- содержащими плавнями. Расплав обладает высокой подвижностью в связи с быстрым снижением вязкости. В расплаве анортита не растворяются метакраолинит и кварц. Полевошпатовые породы, проросшие кварцем, содержание которого достигает 30–35 %, называют пегматитами. Их эффективно используют в керамических массах в качестве заменителей полевых шпатов. Полевые шпаты очень неоднородны по составу. Содержание в них оксида железа (III) не должно превышать 0,3%, суммарное содержание оксидов кальция и магния – 2%, соотношение содержания $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (калиевый модуль) должно быть больше 2. 17 1.5. Плавни Для скоростных режимов обжига используют нефелин – это щелочная глубинная интрузивная порода (продукт кристаллизации магмы в глубинах земной коры), содержащая смесь минералов нефелина, микроклина и альбита с различными добавками. При общем высоком содержании щелочных оксидов (до 18–20%) калиевый модуль низкий (меньше 1). Поведение полевых шпатов при нагревании изучают методами дилатометрии и дифференциального термического анализа (ДТА). При нагреве калиевого полевого шпата в интервале температур 1300–1360°С происходит увеличение объема на величину 1,5–8,5% и плагиоклазов – на 10–11 %. Для определения оплавления полевого шпата проводят огневую пробу. Порошок плавня пропускают через сито 006, формируют образцы высотой и диаметром 3 мм. Определяют начальное оплавление ребра, образование полусферы и полное плавление. Полевые шпаты имеют совершенную спайность, поэтому к ним применимы принципы термического дробления по

следующей схеме: куски полевого шпата → дробление (щековая дробилка) → мойка → обжиг во вращающейся печи при температуре порядка 800–900 °С → резкое охлаждение в холодильниках → среднее дробление (щековая, конусно-инерционная дробилка) → грубый помол → ситовая и магнитная очистки. Иногда есть необходимость использовать многокомпонентные плавни. При этом необходимо определить минимальную температуру эвтектики.

Тальк – минерал, имеющий формулу $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, в котором магний может быть изоморфно замещен на катионы Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} . В сырье тальк почти не встречается в виде отдельных кристаллов, а образует скрытокристаллические листовидные агрегаты, плотные или чешуйчатые по текстуре. Плотная порода со скрытокристаллической структурой и жирным блеском носит название стеатит [8]. Тальк широко применяют в качестве основного сырья при производстве форстеритовой, клиноэнстатитовой (стеатитовой) и кордиеритовой керамики. Небольшая добавка талька в керамические массы для облицовочных плиток, электроизоляционного фарфора, технической и бытовой посуды способствуют повышению термостойкости изделий благодаря образованию фазы кордиерита, обладающей малой величиной термического коэффициента линейного расширения. Тальк характеризуется моноклинной сингонией, пластинчатым строением, слоистой структурой, твердостью по шкале Мооса 1, плотностью 2,60 г/см³, гидрофобностью. Связи внутри пакета ионные – очень прочные, между пакетами – слабые. Трудно размалывается, в измельченном виде белого цвета, прилипает к гладким поверхностям. Поведение талька при нагревании изучают методом ДТА. При нагревании талька происходят эндотермические эффекты: при 200 °С – удаление сорбционной воды, при 850–1000 °С – удаление химически связанной воды, выше 1000 °С происходит реакция: $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3(\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ – метасиликат, обладающий полиморфизмом, который сопровождается объемными изменениями (с этим явлением связано старение стеатитовой керамики). Тальк спекается при 1300–1350 °С, имеет узкий интервал спекания. Добавки BaO,

Al_2O_3 , ZrO_2 , ZnO расширяют интервал спекания, добавка CaO – сужает. В глиносодержащем составе массы происходит реакция:



1.2 Технологии производства санитарно-строительных изделий

Назначение формования, прессования и литья – придать полуфабрикату определенные форму, размер, плотность и необходимую прочность. В производстве керамических изделий используют различные способы изготовления. Выбор того или иного способа зависит от вида изделий, их сложности, свойств массы и др.

1.2.1 Способ пластического формования

В процессе переработки сырья получают пластичную глинистую массу обычно с влажностью 18-23% с последующим формованием сырья на ленточных прессах путем проталкивания массы через мундштук или путем механической штамповки при низких давлениях заготовок, полученных на ленточном прессе. Преимуществом пластического формования перед другими методами является возможность формования изделий различных размеров, имеющих форму тел вращения, на относительно простом, но производительном оборудовании. При пластическом формовании изделий наиболее ценные свойства керамической массы – пластичность и формовочная способность.

Пластмассовое формование основано на явлении пластической деформации керамической массы под действием внешних сил (давления ролика или шаблона). Непременным условием пластического формования является использование достаточно вязких масс, в которых сумма внутренних сил сцепления (сцепления) больше суммы сил сцепления с рабочей поверхностью формовочного оборудования (адгезии), а коэффициент внутреннего трения больше коэффициента внешнего трения.

Существенным недостатком пластического образования является то, что масса, сжатая с двух сторон поверхностями формы и формующей головки, устремляется в свободное пространство, приобретая анизотропную текстуру. Под такими условиями прессформы, плотность и усилие будут различны над всем будучи обрабатываемыми Тоном. Максимальные значения напряжений будут наблюдаться на рабочих поверхностях, минимальные - на границе массы и свободного пространства. В этих зонах упругие деформации происходят без разрушения конструкции, что сохраняет дефекты, приобретенные при предыдущих операциях (обезвоживание на фильтр-прессах, вакуумирование), что может вызвать деформацию изделий.

1.2.2 Прессование

Формование изделий из порошкообразных керамических масс влажностью менее 10 % носит название полусухого прессования. Сущность способа заключается в том, что тщательно перемешанную керамическую массу в виде порошка влажностью 12 % подвергают спрессовыванию в механических и гидравлических прессах под достаточно высоким давлением. Изделия, изготовленные этим способом, отличаются небольшой усадкой и меньше деформируются в процессе сушки и обжига, поэтому полусухое прессование получило наиболее широкое применение в производстве изделий строительного назначения, например, керамических плиток, огнеупоров, а также способом прессования изготавливают плоские керамические изделия бытового назначения: блюда и тарелки самой разнообразной формы.

1.2.3 Литье под давлением

Производство керамической сантехники методом литья под давлением позволяет получить строго предписанную толщину, которая одинакова для всех частей изделия. Это устраняет многие негативные факторы, связанные с появлением дефектов на участках с перепадом толщины. Качество изделия во многом зависит от того, насколько хорошо технологические параметры

программы литья соответствуют параметрам шликера. По этой причине ключевой проблемой технологии является изготовление накладок, свойства которых соответствовали бы быстрому образованию структуры и повышению прочности в обожженной массе. Таким образом, изучение реологической устойчивости шликера и поиск эффективных разжижителей являются особенно актуальными проблемами [1]. Целью настоящей работы является контроль реологических свойств керамического шликера, используемого в ОАО «Сызранская керамика» для литья в полимерные формы под высоким давлением с использованием в качестве разбавителя комбинации компонентов: жидкого стекла, соды и оксиэтилидендифосфоновой кислоты (OEDPA). Внедрение OEDPA основано на том факте, что оно эффективно использовалось для изготовления отливок с использованием в обычной керамической технологии. Литье отливки получают в три этапа: 1) приготовление суспензии глины Стефана Шмидта в высокоскоростном лопастном смесителе; 2) приготовление суспензии инертных материалов путем измельчения в шаровой мельнице; 3) смешивание глинистой суспензии с суспензией инертных материалов и с каолинами. Настоящее исследование имеет отношение к первому из указанных выше этапов и связано с влиянием сложной добавки на структурно-механические свойства глинистой суспензии. Для этого были приготовлены три суспензии (содержание, мас.%). Глины растворяли в лабораторном высокоскоростном лопастном смесителе. Содержание влаги в глинистой суспензии, взятой одинаковой для всех композиций (35%), проверяли пикнометрическим методом в соответствии с плотностью суспензии. Температура суспензии поддерживалась на уровне 25,0 °С. 0,1 °С. Тиксотропию определяли по разнице между вязкостью суспензии и вязкостью через 1 или 6 минут выдержки, суспензия № 2 со сложным разбавителем имеет неоспоримые преимущества по сравнению с суспензией с заводским разбавителем. Комплексный разбавитель в суспензии № 3 оказывает еще более сильное воздействие на глинистую суспензию.

В сочетании с заводской суспензией № 1 он делает следующее: уменьшает время растворения более чем в 2 раза; уменьшает вязкость на 0,8 Па/сек; снижает тиксотропию до минимальных значений. Таким образом, первая часть этих исследований показала, что, во-первых, эффективен комплексный разбавитель [2] на основе соды и ОЭДФК и, во-вторых, желательно заменить часть соды жидким стеклом. Вторая часть этих исследований состояла в поиске оптимального состава компонентов сложного разбавителя. Для ускорения процесса поиска мы использовали метод полного факторного эксперимента (FFE) [4]. Матрица FFE была построена таким образом, чтобы предыдущие исследования, выполненные для суспензии № 3, входили в нее как точка с координатами +1, +1, +1. В качестве центра плана была выбрана более тонкая композиция, содержащая 0,472% OEDPK, 0,400% соды и 0,057% жидкого стекла. Диапазоны изменения концентраций OEDPK и соды составляли $X_1 = 0,100\%$ и $X_3 = 0,015\%$ соответственно. План FFE, включая эксперимент в центре плана, необходимый для проверки адекватности уравнения регрессии, представлен в Таблице 2. Два эксперимента были выполнены в каждой точке плана. Еще раз, все исследования были выполнены с идентичной влажностью (35%) и плотностью (1,61 г/см³) глинистой суспензии и при постоянной температуре 25 ° С.

Комплексный разбавитель OEDP – сода значительно повышает структурно-механические свойства суспензии глины Стефана Шмидта: вязкость суспензии и тиксотропия уменьшаются с уменьшением времени растворения. Добавление небольшого количества жидкого стекла в состав сложного разбавителя усиливает действие разбавителя. В результате проведенных исследований с использованием метода математического планирования установлено, что разжижающий эффект комплексной добавки ОЭДФ - соль - жидкое стекло наблюдается в широком диапазоне концентраций. Это позволяет уверенно регулировать процесс растворения глины в производственных условиях и получать суспензии со стабильными свойствами.

1.2.4 Шликерное литье

Способ приготовления керамического шликера относится к технологии тонкой керамики и может быть использован при производстве фарфоро-фаянсовых изделий различного назначения. Шликерное литье представляет собой метод формования изделий из шликеров. Шликер заливают в пористую гипсовую форму. Вода из шликера под действием капиллярных сил проникает в поры формы, а твердая фаза отлагается и упаковывается на стенках (происходит набор тела заготовки). При удалении кинетически свободной воды из слоев суспензии, примыкающих к поверхности формы, образуется полуфабрикат. Движущей силой процесса является разность влажностей гипсовой формы и суспензии. Жидкость, перемещаясь к форме под действием сил капиллярного всасывания, переносит частицы твердой фазы. Концентрация твердых частиц у поверхности формы увеличивается, тем самым увеличивая толщину слоя осадка. Снижение влажности слоя сопровождается повышением прочности заготовки. Через некоторое время, необходимое для набора нужной толщины черепа, излишки шликера при использовании сливного способа сливают, при этом массоперенос воды из слоя осадка продолжается, происходит дополнительное упрочнение и усадка заготовки, которые облегчают ее извлечение из формы. Процесс образования на стенках гипсовых форм относительно плотного, частично обезвоженного осадка, являющегося стенками формуемого изделия, называют набором черепка. Стадии набора черепка: 1) после заливки в форму в шликере возникают микропотоки под отсасывающим воздействием пор гипсовой формы; 2) достигая поверхности гипсовой формы частицы шликера откладываются на ней, принимая уплотненное, ориентированное положение; 3) образующийся плотный слой материала обладает малой влажностью и замедляет процесс перемещения влаги от шликера в гипсовую форму. Таким образом, влагообменные процессы протекают в трехслойной системе: шликер, слой материала и гипс.

Лимитирующей стадией процесса набора является сопротивление влагопереносу слоем материала. После набора массы до требуемой толщины избыток шликера удаляют, заготовку предварительно подсушивают, затем извлекают из разъемной формы, сушат и обжигают. Метод шликерного литья применяют для получения тонкостенных изделий или изделий сложной формы. Хороший литейный шликер должен удовлетворять разнообразным противоречивым требованиям таким, как: 1) достаточно низкая вязкость для обеспечения хорошей текучести; 2) чистая поверхность сливных изделий или высокое качество наливных изделий; 3) низкая скорость оседания; 4) возможность быстрого высвобождения изделия из формы; 5) низкая усадка изделий при сушке и высокая их прочность в высушенном состоянии; 6) удовлетворительная скорость набора черепка; 7) свободный от пены, газовых пузырьков и тому подобных включений шликер. Толсто - стенные изделия (санитарно-техническую керамику, элементы футеровки) формуют наливным литьем. Шликер выдерживают в форме до тех пор, пока полость формы полностью не заполнится осадком. В форму периодически добавляют новые порции шликера.

Дефекты при литье изделий [4]: трещины, которые возникают в период пребывания изделий в форме и после выемки; причины: неодинаковая влажность отдельных частей изделия и формы, резкие переходы от тонких к толстым частям, склонность шликера к расслаиванию, конструктивные недостатки формы; деформация и повреждение изделий возникает при выемке изделий высокой влажности; литейные пятна – возникают вследствие удара струи заливаемого шликера о стенку формы. Заливка снизу исключает это явление.

Процесс спекания может сопровождаться следующими внутренними процессами: изменением числа, размеров и формы пор; ростом кристаллов (зерен); снижением и выравниванием остаточных (после прессования) напряжений; образованием жидкой фазы; пространственным

перераспределением фаз; изменением концентрации дефектов в кристаллических фазах.

Процессы, происходящие в глинах при нагревании, изучают методом дифференциального термического анализа (ДТА): 1) 150–200 °С – удаление гигроскопической (адсорбционной) воды; 2) 550–580 °С – удаление химически связанной воды из каолинита, потеря пластичности каолинита; $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (метакаолинит) + 2H₂O; 3) 980–1000 °С – появление первичного муллита.

К литейным шликерам, независимо от их природы и технологии последующего литья, предъявляются общие требования:

- оптимальное количество связующего;
- хорошая текучесть при относительно низком содержании связующего;
- агрегативная устойчивость, отсутствие агрегирования, коагулирования и оседания;
- высокая фильтрующая способность;
- отсутствие химического взаимодействия между дисперсионной средой и дисперсной фазой.

Наиболее распространенным способом изготовления керамических изделий из жидкотекучих масс является литье водных шликеров в пористые формы. К основным характеристикам водных шликеров относятся плотность, содержание связки (влажность) по массе и объему, текучесть, вязкость, коэффициент загустеваемости, скорость набора черепка в пористой форме. Влажность шликера – это отношение массы воды к массе дисперсной системы, выраженное в %. Текучесть количественно представляет величину, обратную вязкости. Для характеристики керамических суспензий используют так называемую условную вязкость, выражаемую временем истечения определенного объема шликера через отверстие заданного диаметра. Относительная вязкость – это соотношение времени истечения шликера ко времени истечения такого же объема воды при одинаковых условиях и выражается в градусах Энглера (Е). Коэффициент загустеваемости – это

отношение условных вязкостей шликеров, выдержанных в покое после выстаивания в течение 30 мин и 30 с соответственно. Довольно часто в производстве время истечения 100 мл шликера после выстаивания в течение 30 с при определении на вискозиметре Энглера называют первой текучестью (Т1), а после 30 мин – второй текучестью (Т2), таким образом коэффициент загустевания будет равен $K_3 = T_2 / T_1$. Коэффициент загустевания применяют для характеристики подвижности шликера, залитого в гипсовые или другие пористые формы. Загустевание происходит вследствие тиксотропного упрочнения содержащей массы в процессе переориентировки частиц глины и молекул воды при длительном выстаивании шликера и образования прочной коагуляционной структуры. Процесс образования частично обезвоженного уплотненного слоя материала на внутренней стенке пористой формы в керамической технологии называется набором черепка ГОСТ 17-826-79 "Технология производства фарфоровых и фаянсовых изделий.

1.3 Основные технологические операции

Существует несколько способов формования санитарно-строительных изделий (пластическое, шликерное). Наиболее распространенным является шликерное литье в гипсовые формы. Основные технологические операции представлены на рис. 1. Приготовление шликерной суспензии, предусматривает подготовку массы из глинистых материалов пластичных (каолин и глина) и непластичных (кварцевый песок, полевой шпат, бой изделий), материалы дозируются в различных соотношениях, так же на этом этапе добавляется вода и производится дробление и помол в шаровых мельницах, далее формование (шликерное литье), т.е. суспензия заливается в гипсовые формы, в форме происходит набор черепка, затем производится сушка изделия теплым воздухом и извлечение из формы, после сушка (на стеллажах, конвейерной, или туннельных сушилках) глазурирование и обжиг в туннельной печи.

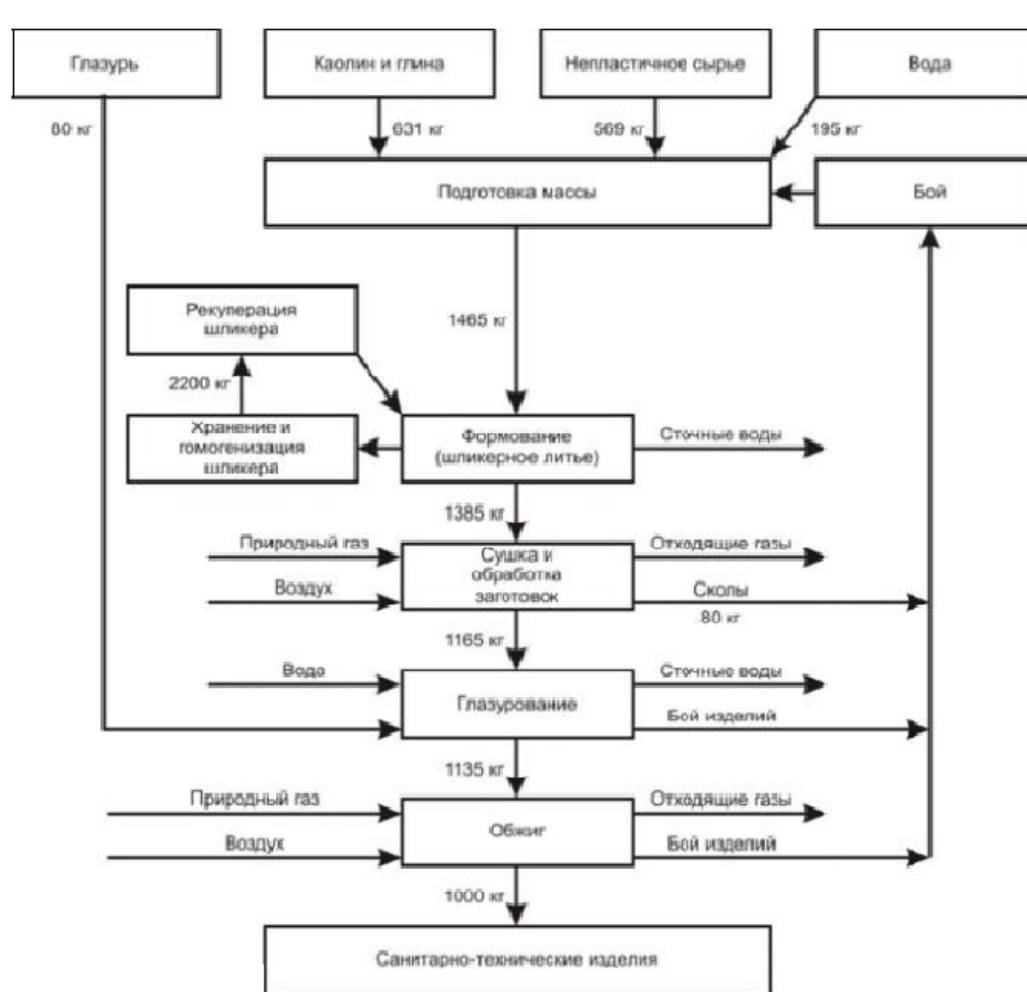


Рисунок 1. Основные технологические операции санитарно – технических изделий.

1.3.1 Подготовка материалов

Содержание в порошке различных фракций (крупных, средних и мелких) называют зерновым, или гранулометрическим составом. Фракцией называют диапазон размеров частиц между заданными минимальным и максимальным значениями. Порошки, содержащие частицы одного размера, называют монофракционными, или монодисперсными. По дисперсности используемых частиц различают два вида масс: тонко- и грубозернистые. Зерновой (гранулометрический) состав описывают следующими характеристиками: распределением частиц по размерам, средним размером частиц, фракционным

составом, значением удельной поверхности (отношением межфазной поверхности порошка к его объему или массе). Гранулометрический состав пластичных сырьевых материалов определяют ситовым, седиментационным, колориметрическим методами и методом определения удельной поверхности. Ситовый метод определения гранулометрического состава заключается в рассеивании частиц порошка сухим или мокрым способом с применением сит. Сырье для керамического производства поступает на заводы в виде кусков различной формы и размеров. Измельчение крупных и средних кусков называется дроблением, а мелких – помолом. Суть процесса измельчения (дробления и помола) состоит как в разрыве поверхностного слоя материала, для которого сила связи частиц определяется поверхностной энергией, так и в разъединении внутренних частиц материала, которые связаны между собой объемными силами сцепления. Результат измельчения характеризуется степенью измельчения π – отношением поперечного размера наиболее крупных кусков до измельчения D к поперечному размеру наиболее крупных кусков после измельчения d : $\pi = D/d$. испытаниями.

1.3.2 Мокрый помол и применение поверхностно-активных веществ (ПАВ)

При сухом помоле отмечается сильный разогрев измельчаемого материала (до 200 °С и выше), а также десорбция молекул воды с поверхности зерен и аморфизация приповерхностных слоев зерен на глубину до 15–16 нм. При помоле применяют жидкую среду – воду и добавки – поверхностно-активные вещества, играющие роль понизителей твердости. При этом происходят одновременно два процесса: · понизители твердости, сорбируясь на твердых частицах, вызывают понижение их пределов упругости, текучести и прочности и тем самым облегчают помол; · жидкость, проникая в микротрещины зоны предразрушения, оказывает расклинивающее давление на стенки трещин. Молекулы воды, проникая в микротрещины, препятствуют обратному замыканию (когезии) связей между узлами решетки при временном снятии нагрузки, тем самым снижая вероятность самозалечивания трещин и

затраты энергии на эту непроизводительную стадию. ПАВ – вещества органической природы, способные избирательно адсорбироваться на поверхности зерен твердого тела с вытеснением предварительно связанной с ней адгезионной пленки воды. Такими ПАВ являются жирные кислоты. Разделение по крупности керамических порошков точно большими углеводородными радикалами, соли жирных кислот (мыла), сульфокислоты и их соли, спирты, амины и т. д. Молекулы ПАВ обладают большим дипольным моментом, чем молекулы воды, и, следовательно, большим сродством к поверхности твердого тела. При адсорбции этих молекул поверхностная энергия частиц твердого тела понижается больше, чем при адсорбции молекул воды. Опытным путем установлено, что для каждого ускорителя помола существует оптимальная концентрация, обычно в пределах 0,02–0,2% по массе.

1.3.3 Новые методики определения статического и динамического поведения потока суспензий, содержащих глинистые минералы

Развитие в направлении увеличения скоростей обработки и более сложных процедур в литье и литье со шлифовкой в керамической промышленности приводит к частоте брака от 5 до 10%. Влияние минералогии, химического состава, размера и формы зерна и многих других факторов, как правило, учитывается недостаточно. Кроме того, в целом отсутствуют реологические процедуры и параметры для количественной оценки поведения потока, содержащего глинистые минералы. Динамическое поведение оценивается путем записи структурных условий и соответствующего времени. Этот подход генерирует сравнительные значения, которые являются адекватными для контроля качества, но он не предоставляет информацию о реальном поведении дисперсии (суспензии). Новый аналитический метод, который генерирует информацию о скорости строительства и разрушения структуры. В результате наличия нескольких альтернативных процедур для измерения статического поведения суспензий глинистых минералов наблюдаются большие различия в измеренных значениях. Представлена

унифицированная процедура измерения и факторы, относящиеся к сырью, которые влияют на поведение потока. Более 80% каолина используется в качестве основного компонента в керамической и огнеупорной промышленности. Оставшиеся 20% могут быть отнесены к лакокрасочной и синтетической промышленности [11]. Его часто обрабатывают как суспензию, чтобы нанести тонкие слои на бумагу или получить однородные, сложные формы, такие как туалетные столики. В повседневной промышленной практике суспензии, содержащие глинистые минералы, обычно контролируются с помощью однозначных измерительных процессов с использованием, например, вискозиметра потока Лемана или торсионного вискозиметра Энглера. Эти методы анализа являются быстрыми и требуют меньших затрат, чем реологические измерения, но они не могут выявить деформацию и поведение потока, зависящее от времени. Эта информация имеет практическое значение в керамической промышленности. Более того, влияние температуры приводит к сбоям, которые мешают правильной измерительной способности [12]. Хотя современные ротационные и колебательные реометры также используются для получения значимых данных для описания поведения глинистых минеральных растворов в потоке, процедуры измерения и аналитические методы часто противоречивы, особенно в керамической промышленности. Когда используется этот относительно новый и более точный аппарат, возникают различия в обработке измерений, производстве суспензий и разнообразии используемых реологических моделей. Следовательно, неверные интерпретации между промышленными партнерами не редкость в отношении напряжения и поведения потока, зависящего от времени. Получение более глубоких знаний о поведении глинистых шламов в потоке становится все более актуальным, что является следствием более строгих требований к качеству и более высоких скоростей производства. Кроме того, точное описание поведения потока позволило бы проектировщикам завода выбрать правильные размеры труб и конвейера. Поскольку дисперсии коллоидных глинистых минералов демонстрируют характерные различия в поведении потока по

сравнению с другими коллоидными дисперсиями, их часто называют удивительными и неожиданными [13]. Сгущенная глинистая суспензия демонстрирует поведение как в зависимости от времени, так и от напряжения, поэтому для количественного определения важно измерять каждую характеристику независимо от другой. Обычными процедурами измерения для определения поведения потока, зависящего от времени, являются ступенчатый тест [14–15] и область гистерезиса между восходящей и нисходящей кривыми линейного изменения скорости сдвига [6–7]. Стандартным методом определения поведения, зависящего от деформации, является тест на изменение скорости сдвига. Он анализируется путем соотнесения его с реологическими моделями. В этом методе испытаний скорость сдвига непрерывно увеличивается, то есть от $0,1$ до 500 с^{-1} в течение 10 мин. Эта функция ускорения отражается для замедления до $0,1 \text{ с}^{-1}$. Основная проблема этого теста заключается в том, что постоянное увеличение скорости сдвига приводит структуру дисперсии в нестабильное состояние. Еще одной проблемой для глинистых суспензий является их память нагрузки, приложенной во время операции заполнения в реометр перед измерением. Это передается через построенную сетевую структуру [16, 20].

Обычные методы и анализ. Зависимое от деформации поведение керамических суспензий обычно характеризуется тестом на изменение скорости сдвига или тестом таблицы скорости сдвига. Зависящее от времени поведение потока керамических суспензий обычно проверяется с помощью ступенчатого испытания, как показано на рис.2.

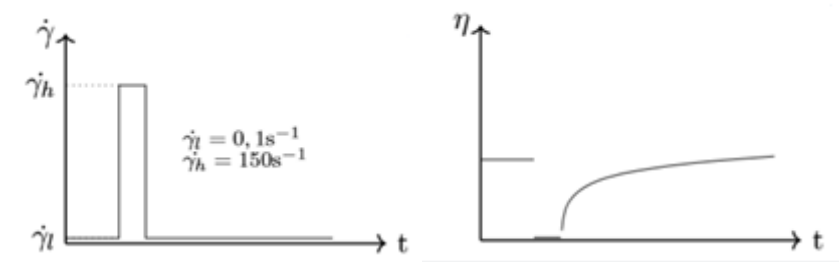


Рисунок. 2 а) Схематическое представление ступенчатого теста и б) схематический отклик тиксотропной суспензии

Площадь между восходящим и нисходящим сегментами напряжения сдвига является количественным показателем зависимости суспензии от времени. Если нисходящая кривая напряжения сдвига генерирует более низкие значения, чем восходящая кривая напряжения сдвига, суспензия является тиксотропной. Обратное, то есть более высокие нисходящие значения, означает реоптическое поведение. К сожалению, этот метод анализа дает повод для критики, поскольку зависящий от времени персонаж просто анализируется в движении; суспензия имеет зависящую от времени структуру, а не находится в структурном устойчивом состоянии. Это приводит к прямой зависимости значений измерения как от ускорения скорости сдвига, так и от подготовки образца. При этом методе невозможно четко разделить вклады, зависящие от времени и от напряжения. Например, сильно зависящая от напряжения и слабо зависящая от времени суспензия может привести к той же функции напряжения сдвига, что и сильно зависящая от времени и слабо зависящая от напряжения суспензия.

Тиксотропное поведение означает, что суспензия реагирует уменьшением вязкости с течением времени для обработки с высоким сдвигом и увеличением вязкости с течением времени практически без обработки сдвигом. Оптимально диспергированная глинодержащая суспензия определяется как имеющая низкое тиксотропное поведение и низкую вязкость. Выполнение тиксотропного условия в секции низкого сдвига проверяется следующим образом. Во - первых определяется время максимального значения вязкости в течение первых 660 с. Во-вторых, каждая следующая точка данных вязкости используется для расчета разницы между фактической и максимальной вязкостью. Поведение является тиксотропным, если среднее значение этих дельта - значений является положительным, и реопектическим, если это среднее значение является отрицательным. Чтобы обнаружить возможные изменения от реопектического к тиксотропному поведению потока, определяется момент наименьшего значения дельта - вязкости после достижения максимального значения. Если следующие вязкости выше, чем самая низкая вязкость в интервале времени 660

с, происходит изменение поведения от реопектического к тиксотропному. Зависящее от времени поведение участка с высоким сдвигом рассчитывается через 60 с после старта с высоким сдвигом путем вычисления среднего значения наклона. Если эти значения положительные, сегмент с высоким сдвигом ведет себя реопектически и, если отрицательно, указано тиксотропное поведение. Значения кривизны разделены на сегменты по 30 с, а затем вычисляется сумма в этих сегментах. Если эта сумма находится в пределах диапазона скорость изменения вязкости постоянна, то есть изменяется линейно. Результирующие параметры, такие как вязкость, кривизна и поведение, зависящее от времени, в важных сегментах ранжируются и сравниваются друг с другом. Кроме того, выводится также оптимум с менее строгими правилами, так что пользователи могут решать, например, не нужно ли им тиксотропное поведение с высоким сдвигом. Деформационно-зависимое поведение измеряется с помощью теста таблицы скорости сдвига, как качественно показано на рис. 2. Этот тест позволяет зависимо от деформации характеризовать поведение потока путем исключения зависимости от времени. Каждая скорость сдвига поддерживается постоянной, пока не будет достигнуто равновесное значение вязкости. Критерием здесь является то, что он не изменяется более чем на 1,5% в течение 10 с (время интегрирования). Средняя вязкость в течение этого 10-секундного времени интегрирования является зависимой от деформации вязкостью при данной скорости сдвига. После того, как эта ситуация достигнута, применяется последовательный шаг вязкости. Эта процедура измерения начинается с высокой скорости сдвига, после чего следуют нисходящие шаги для снижения скорости сдвига. Это помогает уменьшить пузырьки и обеспечивает рассредоточенную, однородную структуру сети. Если, с другой стороны, восходящие сегменты были применены в самом начале, то было бы необходимо применить скорость перед сдвигом после процесса загрузки суспензии и последующую высокую разницу в скорости сдвига. Это будет больше времени. Тест таблицы скорости сдвига анализируется в соответствии с уравнением Хана и Кромера, моделью по

Гершелю и Балкли и областью гистерезиса между нисходящей и восходящей кривыми.

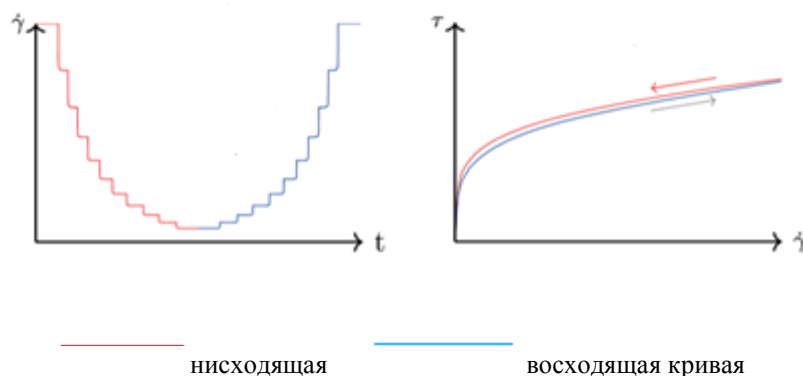


Рисунок 3. Новый метод измерения поведения потока в зависимости от деформации, начиная с табличной функции скорости нисходящего сдвига; а) скорость сдвига как функция переменного времени (t), б) реакция напряжения сдвига как функция скорости сдвига ($\dot{\gamma}$).

В этой работе влияние дефлокулянта (кальцинированной соды) исследуется с использованием процедур измерения и аналитических методов, описанных выше. Чтобы определить оптимальную концентрацию дефлокулянта, влияние содержания твердых веществ в используемом каолине поддерживают постоянным, а концентрацию дефлокулянта постепенно повышают. Кроме того, была разработана суспензия, близкая к условиям производства, с каолином, полевым шпатом и кварцем. Содержание твердых веществ в суспензии, содержащей только каолин, установлено на уровне 42 масс.%. Содержание твердых веществ в суспензии для производства закреплено 65 масс.% твердой фазы, состоящей из 50 масс.% каолина, 25 масс.% полевого шпата и 25 масс.% кварца. Серия измерений останавливается, когда вязкость увеличивается с увеличением концентрации дефлокулянта, это происходит из-за чрезмерной дефлокуляции. Концентрацию дефлокулянта увеличивали с шагом 0,025 масс.%, связанным с содержанием твердых частиц каолина, и начинали с концентрации от 0,05 до 0,3 мас.%. Впоследствии концентрацию увеличивали с шагом 0,05 масс.% До достижения оптимального уровня. Деминерализованная вода использовалась в качестве жидкой фазы.

1.3.4 Смешивание сырьевых компонентов керамической массы

Методы дозирования в технологии керамики. Перед дозировкой следует поддерживать влажность строго постоянной. При дозировании по массе сырье отвешивают на различных весовых устройствах по составленному заводской лабораторией рецепту с учетом влажности материала. Для непрерывного объемного дозирования сыпучих тел в производстве керамики и огнеупоров применяют питатели различного типа: тарельчатые, винтовые и ленточные, барабанные, вибрационные, качающиеся, а также течи с регулируемым затвором. Жидкие добавки (вода, шликер) при подаче в смесители периодического действия обычно дозируют по объему. При подаче жидкости при непрерывном процессе дозирование осуществляют, регулируя скорость подачи жидкости через отверстие известного диаметра. Смесь сухих порошков называется шихтой, а увлажненная шихта, подготовленная к прессованию, называется массой. Смешение порошков производят с целью получения такой шихты или массы, в которых все свойства равнозначны во всех отдельных частях объема, необходимо чтобы полученная равномерность сохранялась некоторое время при последующей переработке. При смешении нескольких (2–3 и больше) компонентов объем смеси изменяется следующим образом: 1) объем смеси меньше суммы объемов исходных компонентов; 2) объем смеси больше суммы объемов исходных компонентов или равен ей. Экспериментально установлено, что наиболее устойчивой и однородной будет смесь меньшего объема, чем сумма объемов исходных компонентов. Минимальный объем смеси, свойства которой можно им охарактеризовать, зависит от количества компонентов шихты, их дисперсности, соотношения их по количеству и отношения размеров частиц. Эффективность смешения может быть оценена величиной индекса смешения. Для такой оценки из разных мест объема смеси отбирают пробы и определяют содержание в них смешиваемых компонентов. Таким способом можно получить представление об эффективности смешения во всем объеме. При смешении вода придает смеси

устойчивость. При смешивании глины, шамота и воды в смеситель подают фракции крупного материала и увлажняют, затем подают тонкую фракцию. Глина распределяется по поверхности частиц шамота и комочков не образуется. Используемые в технологии добавки вводят в растворенном виде или в суспензии одновременно с увлажнением материала. Продолжительность смешения подбирают экспериментально. Влияние продолжительности смешения на равномерность смеси зависит от различных факторов: типа и режима работы смешивающего аппарата, количества компонентов в шихте, физических свойств, дисперсности и от соотношения. Керамические массы различаются по влажности, %: · полусухие порошки обладают влажностью $W = 4 \div 14$; · для пластичной керамической массы $W = 19 \div 28$; · для литейного шликера $W = 30,5 \div 32$. В технологии используют мокрый и сухой способы подготовки массы. Преимущества мокрого способа: 1) тщательность и надежность измельчения и смешения; 2) возможность использования сырья, сильно различающегося по химическому и гранулометрическому составу; 3) отсутствие пылевыведения при помоле. Выбор технологической схемы зависит от свойств исходного сырья и требований к свойствам конечной продукции. При любом способе подготовки керамической массы имеют значение следующие процессы: измельчение, просеивание и смешивание материалов. В технологии наиболее часто применяется приготовление масс смешиванием компонентов шихты в виде тонкодисперсных порошков при совместном сухом или мокром помоле. Компоненты могут также быть представлены в виде раздельно. Методы приготовления керамических масс приготовленных суспензий, которые после смешивания обезвоживают в башенных сушилах или на фильтр-прессах с последующей досушкой. Таким способом готовят массы с большим количеством пластичных компонентов, применяемые для изготовления фарфоровых, стеатитовых и других видов изделия.

1.3.4 Формование

Заключается в отливке керамических шликеров в гипсовую форму, внутренняя поверхность отражает наружные размеры изделия – применяется для тонкостенных изделий сложной конфигурации преимущественно в производстве санитарно-технического фаянса, фарфора, декоративных изделий и др. Достоинства гипсовых форм – оптимальная пористость, влагоемкость, простота изготовления и замены. Недостатки – малая оборачиваемость, износ, потеря фильтрационной способности, невысокая прочность на удар.

Процесс образования на стенках форм относительно плотного, частично обезвоженного слоя, которым являются стенки формованного изделия, называется “ набором черепка”. Жесткость отливки при наборе черепка определяется всасыванием формы влаги под действием капиллярных сил. В процессе получения отливок на стенках формы образуется уплотненный слой с низкой влагонепроводностью, в результате чего интенсивность движения влаги в шликере уменьшается, и чем значительнее, тем выше плотность слоя. Таким образом, при наборе черепка в системе происходят процессы влагообмена: шликер - литье (черепок) - форма.

Скорость набора черепка зависит от фильтрационных свойств формы, шликера и, в значительной степени, от фильтрационных свойств получаемого стенового слоя отливки. Скорость фильтрации воды в пресс-форме должна быть немного выше или равна скорости фильтрации ее в уплотненном слое формируемой отливки. При значительном превышении скорости фильтрации воды в кристаллизаторе на пристенном слое отливки образуется очень плотный слой, что резко замедляет скорость осколка и вызывает внутренние напряжения и трещины в отливке. При более медленной скорости фильтрации в виде воды накапливается в ее поверхностных слоях, что приводит к эрозии формы и прилипанию к ней продукта.

Фильтрационные свойства суспензии и образовавшегося осадка в значительной степени определяются распределением частиц по размерам

твердой фазы суспензии: когда суспензия оставлена, скорость фильтрации увеличивается. Однако, это снижает прочность изделий и их качество из-за неравной толщины получаемых отливок. Для улучшения фильтрационных свойств системы: шликер-литье (черепок) - гипсовая форма при изготовлении изделий из санитарно-строительной керамики используются нагретые шликеры и формы (до 60 ° C), их вакуумирование, введение электролитов в шликер, проведение процесса формования под вакуумом, вибрация шликера и форм, обработка шликера ультразвуком и др.

1.3.5 Сушка

Сушка необходима для придания сырцу механической прочности и подготовки его к обжигу.

В процессе сушки происходит удаление влаги из материала, сопровождающееся уменьшением объема (усадкой) и увеличением его прочности. При сушке удаляется 65—70% воды, находящейся в формовочной массе.

Во избежание неравномерной усадки и растрескивания изделия перед обжигом должны иметь влажность не более: санитарно-технические изделия— 1 - 5%. Процесс сушки изделий характеризуется изменением скорости и времени сушки, температуры, влагосодержания, возникновением усадочных напряжений в изделии.

Испарение влаги с поверхности свежесформованного изделия (внешняя диффузия) зависит от температуры, скорости перемещения и влажности теплоносителя. Оно тем больше, чем выше температура и скорость и ниже влажность теплоносителя. Таким образом, величину внешней диффузии можно регулировать. Процесс перемещения влаги из глубинных слоев изделий к поверхности называют внутренней диффузией. Она протекает значительно медленнее внешней и зависит в основном от влагопроводности материала, определяемой пористостью, градиента влажности, перепадов температуры и давления. С увеличением пористости и температуры сырца ускоряется

внутренняя диффузия, уменьшается разница между внутренней диффузией и внешней, равномернее осуществляется сушка изделий. Предельно допустимый перепад влажности на поверхности и внутри сырца, при котором происходит равномерная сушка, называется критическим градиентом влажности. Внутреннюю диффузию регулируют введением в массу отошающих, электролитов, количеством воды, условиями формования, прогревом и вакуумированием массы. Изменение влагосодержания сырца вызывает его воздушную усадку, величина которой в большой степени зависит от свойств глинистого сырья и определяет чувствительность глин к сушке. Чем выше пластичность глин, тем выше усадка и тем труднее избежать деформации изделий при сушке.

1.3.6 Обжиг

Это наиболее важный и энергозатратный технологический процесс. Во время обжига в керамических массах проходит ряд физико-химических преобразований, которые на конечной стадии завершаются процессом спекания. После обжига снижается пористость изделий, увеличивается их прочность, водонепроницаемость, изменяется цвет, создается декоративное покрытие - изделие приобретает целостность. Глазури превращаются в стеклообразное водонепроницаемое покрытие, которое служит не только для эстетических, но и для санитарных целей.

Однократный обжиг - на высушенное изделие глазурь наносят далее обжигают все в один прием, т.е. утильный и политой обжиги. Однократный обжиг дает свои плюсы:

- электроэнергия на нагрев тратится только один раз;
- ставка и выемка изделий в печь производится один раз;
- не требуется промежуточный склад утиля;
- период от сырца к готовому изделию уменьшается вдвое.

При обжиге протекают физико – химические процессы, в результате которых формируется структура, определяющая технические свойства изделия. Обжиг осуществляется в туннельных печах.

В печах существует несколько зон:

- 1) $t = 200-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ выделяется летучая часть органических примесей и выгорающих добавок. Происходит дегидратация глинистых минералов, при этом разрушается кристаллическая решетка минералов, и глина теряет пластичность.
- 2) выдержка изделий при $t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ в окислительной атмосфере до полного выгорания углерода;
- 3) подъем температуры от $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ до максимальной $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ связан с разрушением кристаллической решетки и значительными структурными изменениями черепка.
- 4) по достижении максимальной температуры изделие выдерживают для выравнивания температуры по всей толщине. Затем температуру снижают на $100-150^{\circ}\text{C}$, в результате изделие претерпевает усадку,
- 5) охлаждение при температуре менее $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивается до $250-300\text{ }^{\circ}\text{C/ч}$.

1.3.7 Роспись или глазурирование

Глазури для фарфора. Фарфоровая глазурь – малокомпонентна, содержит главным образом шесть оксидов – SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O ; она тугоплавка, температура разлива ее – от 1320 до $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Составы глазурей. Глазури для твердого и мягкого фарфора могут быть условно распределены по двум группам. Первая группа – бесполевошпатовые, с общей формулой $\text{RO}-a\text{Al}_2\text{O}_3-b\text{SiO}_2$, вторая группа – полевошпатовые, с общей формулой $(\text{R}_2\text{O} + \text{RO})-a\text{Al}_2\text{O}_3-b\text{SiO}_2$. Под RO подразумеваются CaO , MgO , SrO , BaO , а под R_2O – Na_2O ; K_2O . Полевошпатовые глазури различаются по составу применительно к твердому и мягкому фарфору. Составы глазурей для твердого

фарфора с разливом при 1300 – 1450 °С лежат в пределах $1(K_2O + KO) \cdot (0,5-1,4)Al_2O_3 \cdot (5-12)SiO_2$; их коэффициент кислотности 1,8-2,5. Целесообразны такие соотношения: $K_2O:Na_2O$ не менее 2, $CaO:MgO$ не менее 1, сумма RO превышает сумму R_2O не менее чем в 3 раза. Соотношение $Al_2O_3:SiO_2$ растёт по мере необходимости повышения тугоплавкости глазури. При понижении содержания глинозема до 0,3 и кремнезема до 3,0 моль получается легкоплавкая глазурь для мягкого фарфора с разливом при 1200 °С. Глазури для мягкого фарфора имеют разлив при 1250 – 1280 °С; их составы – $1(R_2O+RO) \cdot (0,3-0,6)Al_2O_3 \cdot (3-4)SiO_2$, коэффициент кислотности 1,4-1,6. Состав таких глазурей обычно характеризуется высоким содержанием полевого шпата и мела или доломита; для увеличения блеска добавляют 4-5 % карбоната бария. Однако высокую прозрачность глазури не следует рассматривать как достоинство ее, так как незначительные пороки изделия отчетливо видны через слой такой глазури. В этом отношении более ценна глазурь, содержащая тончайшие пузырьки газов равномерно распределенные в ней кальциевые (известковые) глазури целесообразнее применять при изготовлении фарфора с высоким содержанием глинозема, тогда как полевошпатовые глазури больше подходят к фарфору с повышенным содержанием кремнезема. Значительно большее практическое значение имеют фарфоровые глазури второй группы – на основе полевого шпата и мела (мрамора) или доломитовой опоки. Эти глазури обычно менее прозрачны, чем известковые, но также имеют хороший блеск и зеркальный разлив. Некоторые глазури содержат до 36% полевого шпата.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Свойства шликерных масс

Шликерные массы представляют собой концентрированные суспензии с объемным соотношением дисперсной фазы к дисперсионной среде от 9,5 до 2,5, содержащие в своем составе твердый наполнитель (Т), временную связку (Ж) и технологические добавки. Шликерное литье является одним из наиболее распространенных и передовых способов получения керамических материалов, благодаря которому можно производить изделия сложной формы широкого назначения. Качество отливок зависит от ряда реологических свойств шликерных масс – вязкости, текучести, загустеваемости, седиментационной устойчивости, тиксотропности. Свойства глинистых суспензий определяются минералогическим составом, морфологией и дисперсностью твердой фазы, концентрацией суспензий, родом и концентрацией ионов и поверхностно-активных веществ, температурой. Воздействуя на эти факторы, можно изменить свойства шликеров.

2.1.1 Определение текучести шликера на вискозиметре Энглера

Вискозиметр истечения Энглера представляет собой два вставленных друг в друга сосуда, соединенных между собой трубкой диаметром 6 мм. Внешний сосуд выполняет роль термостата, внутренний – емкость для испытуемого шликера.

Вискозиметр устанавливается таким образом, чтобы сливная трубка была строго вертикальна по отношению к плоскости дна. Для этого во внутреннем сосуде имеются три игловидных штифта, выполняющих роль уровня заливки испытуемой жидкости.

Внутренний цилиндр закрыт крышкой с двумя отверстиями. Одно из них предназначено для введения запорного стержня, другое – для установки термометра.

Время истечения определяется следующим образом. Отверстие сливной трубки закрывают запорным стержнем, под выпускное отверстие устанавливают мерную колбу емкостью 100 мл. Испытуемый шликер заданного вещественного состава, увлажненный до сметанообразного состояния, пропускают через сито № 05 и заливают в цилиндр вискозиметра. Залитый шликер перемешивают три минуты, затем дают отстояться 30 секунд, после чего открывают сливное отверстие, включая секундомер (следят, чтобы шликер не загрязнял внутренние стенки узкой части мерной колбы). Как только уровень шликера в колбе достигнет метки, отключают секундомер и закрывают сливное отверстие.

Для фаянсовых и полуфарфоровых шликеров и фарфоровых шликеров время истечения колеблется от 7 до 25 с.

2.1.2 Определение загустеваемости

Загустеваемость характеризуется числом загустеваемости, которое определяется как отношение времени истечения 100 мл шликера после выстаивания в течение 30 минут к времени истечения после выстаивания в течение 30 секунд. Время истечения определяется на вискозиметре Энглера (п. 2.1.1).

Число загустеваемости рассчитывают по уравнению (2.1):

$$\text{Ч}_з = T_2/T_1 \quad (2.1)$$

Эмпирически установлено, что загустеваемость для глиняных шликеров хорошего качества изменяется от 1,5 до 3,5.

2.1.3 Определение устойчивости шликерных масс

В процессе длительной выдержки без перемешивания однородность керамического шликера нарушается. При этом изменяется не только послойное соотношение «Т:Ж», но и наблюдается некоторое изменение зернового состава шликерной массы.

Указанное явление отрицательно сказывается на однородности отливок по плотности и вещественному составу. Единой методики оценки устойчивости шликера до сих пор не существует. Условно можно выделить два основных варианта – один из них базируется на измерении объема слоя отделившейся временной связки от основной массы при ее хранении (метод расслоения). Определение устойчивости шликерных масс методом расслоения производят с помощью мерного цилиндра емкостью 10 см³ с ценой деления не менее 0,1 см³.

Испытуемый шликер заливают в мерный цилиндр и выдерживают в нем без перемешивания в течение 24 часов в эксикаторе при комнатной температуре. После выдержки замеряют объем отделившейся (более прозрачной) связки и вычисляют показатель устойчивости Y_1 по формуле П.О. Грибовского:

$$Y_1 = V_o/V_c \quad (2.2)$$

где V_o , V_c соответственно объем залитого в цилиндр шликера и объем отделившейся при хранении связки. Шликер хорошего качества имеет $Y_1 = 100 \div 200$.

2.1.4 Определение скорости набора массы методом гипсовых стерженьков

Одной из рабочих характеристик шликера является скорость набора черепка, которую определяли с помощью метода гипсовых стержней, который по сравнению с методом гипсовых тигельков более быстрый и точный.

Скорость нарастания толщины слоя набираемой отливки изменяется во времени за счет замедления скорости водоотдачи из-за увеличения гидравлического сопротивления влаги через набираемый слой и уменьшения отсасывающей способности стенок формы по мере насыщения водой.

Продолжительность набирания керамического слоя отливки колеблется от нескольких минут до нескольких часов и зависит от типа литейного шликера, вида формуемых изделий и условий формования.

Толщину набираемого слоя h от времени τ принято описывать выражением:

$$h = k \tau^n, \text{ см} \quad (2.3)$$

где k – коэффициент, зависящий от свойств шликера (вещественный и зерновой состав, влажность, содержание электролитов и т.д.);

$n = 0,3 \div 0,8$ – коэффициент, учитывающий свойства литейной формы (пористость, влажность, кратность работы и т.д.) и влияние условий подготовки и литья шликера (температура, давление и др.)

Средняя скорость набора массы отливки на рабочей поверхности выражается уравнением:

$$U_n = \frac{m}{S\tau}, \text{ г/см}^2 \cdot \text{с} \quad (2.4)$$

где m – масса отливки, г;

S – площадь поверхности формы, на которой осаждается керамическое вещество шликера, см^2 .

Суть определения сводится к измерению массы набранного слоя в разные периоды времени. Берут 15 стерженьков, делают на одном конце метки и каждый стерженец взвешивают с точностью до 0.01 г. Испытуемый шликер заливают в стеклянный стакан емкостью 250-300 мл. Стакан со шликером помещают на столик штатива, в котором укрепляют три стерженька. Стерженьки помещают до меток в шликер и выдерживают в течение 2.5 мин, после чего вынимают. Дают избытку шликера стечь с гипсовых стерженьков, помещают их на предварительно взвешенные часовые стекла и взвешивают. Такую же операцию проводят при выдержке стерженьков в шликере в течение 5, 10, 15, 20 и 30 минут. Вес сухого вещества набранного слоя массы (2.5) и скорость набора (2.6) вычисляют по формулам:

$$m = (m_{\text{св}} - m_{\text{сг}})(100 - W_{\text{ш}})/100, \text{ г} \quad (2.5)$$

$$U_n = m_n / S\tau, \text{ г/см}^2 \cdot \text{с} \quad (2.6)$$

где m_{cc} - вес гипсового стерженька перед опытом, г; $W_{ш}$ – влажность шликера, %; S – рабочая поверхность стерженька, $см^2$; τ – время набора массы, с; $m_{св}$ - вес стерженька с сырой отливкой, г.

2.2 Свойства глинистого сырья

2.2.1 Определение формовочной влажности

Метод основан на определении влажности, при которой глинистая масса, проявляя пластические и формовочные свойства, сохраняет без деформаций приданную ей форму и при раскатывании не прилипает к рукам и металлу. Формовочную влажность определяют при изготовлении полуфабриката.

Формовочную влажность глинистого сырья $W_{отн}$, %, вычисляют по формуле:

$$W_{отн} = (m_1 - m_2) / m_1 * 100\% \quad (2.7)$$

где: m_1 - масса влажной навески (без массы бюксы), г; m_2 - масса навески в сухом состоянии (без массы бюксы), г.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение трех параллельных испытаний.

2.2.2 Определение воздушной усадки

Метод основывается на определении линейных размеров и изменения объема глинистой массы (образца) после его сушки.

Воздушную линейную усадку l_B , %, вычисляют по формуле:

$$l_B = (d_1 - d_2) / d_1 * 100\%, \quad (2.8)$$

где d_1 - расстояние между метками на свежесформованных образцах, мм;
 d_2 - расстояние между метками на образцах после сушки, мм.

Расчет ведут для каждого результата измерения. Воздушную линейную усадку вычисляют как среднеарифметическое значение результатов трех измерений.

Образцы, растрескавшиеся или деформированные во время сушки, не учитывают. Результаты испытаний заносят в таблицу.

Воздушную объемную усадку $V_B, \%$, вычисляют по формуле

$$V_B = (V_1 - V_2) / V_1 * 100\%, \quad (2.9)$$

где V_1 - объем свежесформованного образца, см³; V_2 - объем высушенного образца, см³. Результаты испытаний заносят в таблицу.

2.2.3 Метод определения предела прочности при сжатии

Керамические материалы при нормальных условиях характеризуются высокой хрупкостью и довольно малыми величинами деформаций. При этом керамика лучше сопротивляется напряжениям сжатия, чем растяжения или сдвига.

Пределом прочности при сжатии называют максимальное сжимающее напряжение, которое образец выдерживает до разрушения.

Разрушающее напряжение при сжатии $\sigma_{сж}$ определяют как величину разрушающей нагрузки, отнесенную к площади поперечного сечения образца:

$$\sigma_{сж} = \frac{4P}{a \cdot b}, \quad (2.10)$$

где P - разрушающая нагрузка, МПа;

a и b - толщина и ширина образца, см.

2.2.4 Определение водопоглощения

Водопоглощением называется степень заполнения объема материала водой. Водопоглощение характеризуется количеством воды, поглощаемой сухим образцом, полностью погруженным в воду и выдержанным в ней в течение 48 часов. Различают водопоглощение по массе и объему, которое определяют по формуле:

а) водопоглощение по массе :

$$W_m = (m_3 - m_1) / m_1 * 100\% \quad (2.11)$$

где W_m – водопоглощение по массе, %; m_1 – масса сухого образца, г; m_3 – масса насыщенного водой образца, г.

б) водопоглощение по объему:

$$W_{об} = (m_3 - m_1) / (m_3 - m_4) * 100\% \quad (2.12)$$

где $W_{об}$ – водопоглощение по объему, %; m_4 – масса насыщенного водой образца в воде, г .

2.2.5 Определение воздушной усадки

Во время сушки керамических изделий их объемы сокращаются в результате усадки. Воздушную линейную усадку определяют по изменениям линейных размеров образцов при сушке.

Величина воздушной усадки прямо пропорциональна пластичности глин, и косвенно по ее значениям можно судить о сушильных свойствах глинистого сырья. Чем больше величина усадки, тем чувствительнее глина к сушке.

Для глинистого сырья значение воздушной усадки обычно равно 6–10%. Отопление глин шамотом, песком и т.д. снижает воздушную усадку. Воздушную усадку глинистых масс обычно определяют в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 19609.20–79.. Вычисление линейной усадки (%) производят по формуле:

$$L_v = d_1 - d_2 / d_1 * 100, \quad (2.13)$$

где d_1 – расстояние между метками на отформованных образцах, мм;

d_2 – расстояние между метками на образцах после сушки, мм

Образцы из высокопластичных чувствительных к сушке глин могут деформироваться при сушке, усадка по разным направлениям образца может

быть различной. Поэтому при подсчете средней величины воздушной усадки сильно деформированные образцы стоит отбрасывать. За истинный показатель воздушной усадки принимают среднее арифметическое испытаний не менее 10 параллельных образцов. Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,3%. Окончательное значение величины усадки обычно округляют до 0,1% [4].

2.2.6 Определение коэффициента чувствительности глин к сушке

Чувствительность глин к сушке определяет способность сырца, отформованного из глины, противостоять без трещин и деформаций внутренним напряжениям, развивающимся в результате удаления усадочной воды. Эта способность численно выражается величиной коэффициента чувствительности к сушке. [5].

Чувствительность глин к сушке определяют отношением величины объемной усадки к объему свободных пор высушенного образца, которое условно называют коэффициентом чувствительности глин к сушке, и вычисляют по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{V_2}{V_1 \left(\frac{m_1 - m_2}{V_1 - V_2} - 1 \right)}, \quad (2.14)$$

где V_2 – объем образца, высушенного при температуре 20°C, см³;

V_1 – объем влажного образца, см³; m_1 – масса влажного образца, г;

m_2 – масса образца, высушенного при температуре 20°C, г.

2.2.7 Определение числа пластичности глин по ГОСТ 21216.1-81

Физическая сущность этого метода основана на определении способности глины связывать воду. Следует что чем пластичнее глина, тем больше интервал влажности, от которого проявляется пластичность. Верхняя граница влажности, при котором глина сохраняет пластические свойства, называют пределом текучести WT. Большая влажность не дает глиняным

массам сохранять форму – течет. Нижний граница влажности глиняных масс, обладающих пластическими свойствами, называют границей раскатывания W_p . Ниже этого предела глина приобретает хрупкие свойства. Разность между абсолютными влажностями «предела текучести» и «границы раскатывания» количественно характеризует пластичность и называется числом пластичности. Физическое значение числа пластичности указывает на пределы количества воды, соответствующие пластическому состоянию глиняной массы.

Определение предела текучести: (верхний предел пластического состояния) производится с использованием прибора конструкции А.М.Васильева.

Число пластичности P находят по формуле:

$$P = W_T - W_p, \quad (2.15)$$

где: W_T - абсолютная влажность массы, соответствующая пределу текучести, %; W_p - абсолютная влажность массы, соответствующая границе раскатывания, % [33].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ72	Штумпф Анастасии Эдуардовне

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение школы (НОЦ)	научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норматив расходования ресурсов для разработанного продукта установлен не был вследствие новизны разработки.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Премимальный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Доступность исходного сырья, экологичность, теплоизоляционные свойства, прочность, энергоэффективность.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Определены в рамках инициации исследования изначальные цели и финансовые ресурсы, заинтересованные стороны исследований, действия которых направленные на достижение общего результата. Также проведен анализ всех ограничительных факторов исследования.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Был построен календарный план-график проведения НИОКР. С целью полной оценки стоимости проведения НИ был сформирован бюджет научного исследования. Всё имевшееся на момент начала проведения НИ химическое сырьё было принято как вновь купленное по текущим ценам. Для оборудования рассчитана</i>

	амортизация.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i> 2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 3. <i>Диаграмма FAST</i> 4. <i>Матрица SWOT</i> 5. <i>График проведения и бюджета НТИ</i> 6. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i> 7. <i>Потенциальные риски</i>	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2019

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ72	Штумпф Анастасия Эдуардовна		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Начиная с 2000 года производство санфаянсовых изделий в России стало набирать обороты, и сейчас уже никого не удивит качественной, эргономичной и, что немаловажно, стильной продукцией российского производства. Да, конечно, на рынке представлен огромный ассортимент не менее качественного импортного санфаянса. Но следует обратить внимание на то, что стоимость отечественного санитарно-технической керамики значительно ниже аналогичной зарубежной продукции. А это является весомым аргументом в пользу российского санфаянса.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. В данной научной-исследовательской работе основным продуктом, разработанным для дальнейшего производства на предприятиях является санитарно – техническая керамика.

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть исследовательские лаборатории и заводы, направленные на улучшения методов получения санфаянса. Сегодня на рынке сантехники и санфаянса конкурирует огромное количество производителей – как зарубежных, так и отечественных. И если еще совсем недавно можно было доверять только качеству зарубежных изделий, то на сегодняшний день и российские производители в вопросах качества и дизайна выпускаемого санфаянса не уступают своим зарубежным коллегам.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Компания «Радомир» была основана в 1991 году. Производственные цеха занимают 22000 кв.м. и включают 10 отделов, 3 котельные, водозаборный узел, а также подразделение строительной техники. Каждый год разрабатываются новые виды сложной бытовой техники из новейших материалов, пользующихся спросом на рынке товаров и услуг. – (К1).

Сантехника под маркой «*Santeri*» - качественная, красивая и, что самое приятное, доступную по цене каждой среднестатистической российской семье. Воротынский санфаянс настолько полюбился потребителям, что если не в каждой, то в каждой третьей квартире была установлена сантехника именно этого производителя. Более того, завод осуществляет поставки сантехники и за рубеж, что ещё раз подтверждает её высокое качество - (К2).

Научно – исследовательская работа по разработке составов для получения санитарно-строительных изделий с использованием корректирующих добавок – (Ф)

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 4.1

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Механизация производства	0,09	4	4	4	0,36	0,36	0,36
Удобство в эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28

(соответствует требованиям потребителей)							
Трудоемкость процесса	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Энергоэкономичность	0,06	4	4	5	0,30	0,30	0,30
Надежность	0,05	4	5	4	0,20	0,25	0,20
Безопасность	0,06	5	5	5	0,30	0,30	0,30
Доступность сырья	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
Простота эксплуатации	0,08	5	5	5	0,40	0,40	0,40
Экологичность	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,04	4	5	5	0,16	0,20	0,20
Уровень проникновения на рынок	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
Цена	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Финансирование научной разработки	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
Срок выхода на рынок	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,20
Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	5	0,20	0,20	0,20
Итого	1	66	64	66	4,45	4,33	4,19

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности рассчитывается по формуле 5.2.

$$\frac{K_{\phi}}{K_{K1}} = \frac{4,45}{4,26} = 1,04 \quad (4.2)$$

Так как $k_k > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

Анализ конкурентных технических решений показывает, что данная научно - исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как доступность сырья, цена, предполагаемый срок эксплуатации, основным фактором, определяющим конкурентоспособность разрабатываемой технологии относительно конкурента («*Santeri*»), является их цена при одинаковом уровне технических критериев. Данное преимущество достигается за счет использования более доступного сырья, а также оптимизации корректирующих добавок.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ научно-исследовательского проекта

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1.Повышение качества продукта. 2. Безопасность технологии. 3.Разработка состава на основе местного сырья 4.НИ ТПУ ведущий институт в области разработки функциональной керамики.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1. Высокие требования к продукту. Необходимость подобрать добавку, при которой шликер будет соответствовать всем литейным требованиям. 2.Большие энергозатраты на производство
Возможности: 1.Производство новых видов продукции для нужд текущих и новых потребителей. 2.Освоение новых сегментов рынка керамики.	1.Разработка новой технологии получения шликера с улучшенными показателями качества.	1.Выбор и подбор добавок с учетом исходного сырья.
Угрозы: 1.Производители с более развитыми технологиями и низкими издержками производства. 2.Потеря спроса на отечественный товар.	2.Совершенствование методики, в соответствии с конкурентными преимуществами.	2.Совершенствование технологии в соответствии с конкурентными преимуществами.

Таким образом, основным преимуществом проекта, которое необходимо развивать, является использование местного сырья и частичный отказ от привозного, так же поиск оптимальной добавки при использовании которой шликер будет соответствовать всем литейным требованиям, которые обеспечат технические характеристики шликера на уровне конкурентных разработок. Это позволит уменьшить угрозу со стороны более технологически оснащенных предприятий за счет оптимизации составов и постепенного совершенствования технологий, так же за счет частичного отказа от привозного сырья, уменьшится стоимость, а значит повысится конкурентоспособность на рынке. Для улучшения и устранения слабых сторон необходимо: усовершенствовать свойства продукта, улучшить состав или заменить импортные компоненты отечественным сырьем.

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.3. Цели и результаты проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 4.3 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Кафедра ТСН	Усовершенствование и упрощение технологического процесса.

Таблица 4.4 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование шликера с различными добавками для получения более прочного и качественного черепка, при снижении стоимости.
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка с использованием более дешевого сырья, усовершенствование технологической линии по производству санфаянса
Критерии приемки результата проекта:	Улучшение свойств санитарно-технической керамики
Требования к результату проекта:	Влажность – 30 – 36 %; Устойчивость – не менее 100 Текучесть – 12-15; Коэффициент загустеваемости – 1,6-2,5 Температура обжига 1050 – 1150 °С

4.2.2 Организационная структура проекта

В данном разделе необходимо решить определенные вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Таблица 4.5 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты , час.
1	Ревва И.Б., НИ ТПУ, ИШНПТ, НОЦ Н.М. Кижнера, профессор	Руководитель	Координирует деятельность участников проекта; постановка целей и задач.	76
2	Штумпф А.Э., НИ ТПУ, ИШНПТ, НОЦ Н.М. Кижнера, магистрант	Исполнитель по проекту	Подготовка материала к испытаниям; проведение теоретических расчетов.	618
ИТОГО:				694

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: проект выполняется 6 месяцев, руководитель проекта принимает участие 2 раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнители работают в среднем 5 дней в неделю по 6 часов.

4.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках проекта.

Таблица 4.6 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	411091,7
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта:	17.12.2018 - 17.05.2019
Дата утверждения плана управления проектом	1.10.2018
Дата завершения проекта	17.05.2019
Прочие ограничения и допущения*	Время использования оборудования.

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта (таблица 4.7).

Таблица 4.7 –Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Выбор направления исследования	3	16.12.18	19.12.18	Ревва И.Б.
2	Постановка целей и задач	3	20.12.18	23.12.18	
3	Подбор и изучение материалов	5	25.12.18	30.12.18	Штумпф А.Э.
4	Проведение экспериментов	56	16.01.19	13.03.19	
5	Расчеты	14	14.03.19	28.03.19	Ревва И.Б., Штумпф А.Э.
6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	7	28.03.19	4.04.19	Штумпф А.Э.
7	Оценка полученных результатов	4	4.04.19	8.04.19	
8	Определение целесообразности проведения ВКР	24	9.04.19	6.05.19	
9	Составление пояснительной записки	14	7.05.19	17.05.19	Ревва И.Б., Штумпф А.Э.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работ ы (из ИСПР)	Вид работ	Исполнитель	Т _к , дн .	Продолжительность выполнения работ																		
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Выбор направления исследования	Руководител ь	3																			
2	Постановка целей и задач	Руководител ь	3																			
3	Подбор и изучение материалов	Магистрант	5																			
4	Получение опытных образцов и литературный обзор	Магистрант	56																			
5	Обжиг	Руководител ь	14																			
6	Испытания опытных образов	Магистрант	7																			
7	Расчет и сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиям и	Магистрант	28																			
8	Оценка полученных результатов	Руководител ь	14																			
		Магистрант																				

Руководитель	Бакалавр

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – планируемые затраты

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Амортизация на специальное оборудование	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Затраты на электроэнергию	Итого плановая себестоимость
3286,2	3316,6	245220,9	81943,52	1849,68	335616,94

4.4.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье приведены в таблице (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование материалов	Цена за единицу, руб	Потребляемое количество	Единица измерения	Сумма, руб
Каолин	180	6	кг	1080
Глина	60	20	кг	1200
Песок	80	5	кг	400
Палевой шпат	30	10	кг	300

Силикат натрия	95	0,5	л	47,5
Гидрокарбонат натрия	38	0,3	кг	12,6
Сульфитно – спиртовая барда	30	0,5	кг	15
Dolarix	623	0,3	кг	311
Гипс	25	2	кг	50
Всего за материалы				3216
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				67,2
Итого по статье З _м				3283,2

4.4.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ

В эту статью включаются затраты на оборудование, его амортизацию и потребление электроэнергии (таблица 4.10).

Таблица 4.11 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Ко л-во ед.	Срок службы оборудо вания	Время исполъзовани я, год	Цена оборудования, тыс.руб	Амортизаци я
1.	Дифрактометр рентгеновский общего назначения Дрон-3М	1	10	0,1	85000	850,0
2.	Шаровая мельница	1	8	0,3	100000	1250,0
3.	Весы	1	20	0,3	60000	100,0
4.	Печь камерная	1	6	0,1	70000	1116,6
ИТОГО						3316,6
Затраты электроэнергии						1849,68
Итого по статье						5165,48

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 5.3.

$$C=W \cdot t \cdot P, \quad (4.3)$$

где W – мощность электроприбора, кВт;

t – время использования оборудования, час;

P – стоимость электроэнергии, (3,67 руб/кВт).

$$C_1 = 3,5 \cdot 6 \cdot 3,67 = 77,07 \text{ руб};$$

$$C_2 = 2,2 \cdot 7,6 \cdot 3,67 = 613,62 \text{ руб};$$

$$C_3 = 0,4 \cdot 24 \cdot 3,67 = 35,23 \text{ руб};$$

$$C_4 = 3,5 \cdot 24 \cdot 3,67 = 308,28 \text{ руб};$$

$$C_5 = 3,5 \cdot 168 \cdot 3,67 = 1849,68 \text{ руб};$$

4.4.3 Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) рассчитывается по формуле 4.4.

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.4)$$

Где - $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 5.5.

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.5)$$

Где : Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (247 дней в 2019 году).

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле 4.6.

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p, \quad (4.6)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от Z_{mc});

k_D – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет основной заработной платы

Категория	Z_{mc} , руб.	k_D	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель (профессор)							
ППС3	36000	0,3	1,3	74880	3152,84	50	157642
Магистрант							
ППС1	10000	0,3	1,3	20800	875,79	100	87578,9

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	157642	18917,04	176559,04
Магистрант	87578,9	10509,47	98088,37

4.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов, их величина определяется по формуле 4.7.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.7)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 43943,59 руб.

4.4.5 Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды. В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле 5.8.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

Где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. На 2019 г. установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Руководитель: $0,302 \cdot 176559,04 = 52320,83 \text{руб.}$

Магистрант: $0,302 \cdot 98088,37 = 29622,69 \text{руб.}$

4.5 Реестр рисков проекта

На пути реализации проекта могут возникнуть разного рода риски, представляющие опасность того, что поставленные цели проекта могут быть не достигнуты полностью или частично. Полностью избежать риска практически

невозможно, но снизить их угрозу можно, уменьшая действие неблагоприятных факторов. Возможные риски представлены в таблице 4.12

Таблица 4.12 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска
Технические риски					
1	Требования	1	4	средний	Отслеживание изменений требований к материалам, с помощью которых проводится исследование. Постоянный поиск путей оптимизации производства..
2	Технология	1	3	низкий	
3	Использование ненадежных источников	2	4	средний	
4	Качество	3	4	средний	
Внешние риски					
5	Качество предоставляемых расходных материалов	3	4	средний	Изучение конъюнктуры рынка. Страхование имущества. Изучение изменений в российском законодательстве. Определение мер поощрений и наказаний по отношению к рабочим.
6	Предписания контролирующих органов	3	3	средний	
7	Рынок	3	4	средний	
8	Непредвиденные обстоятельства	1	4	средний	
9	Изменения российского законодательства	4	5	высокий	
10	Небрежность и недобросовестность сотрудников	3	4	средний	

Высокий - реализация риска может привести к существенному снижению стоимости компании, существенным незапланированным дополнительным расходам или репутационному ущербу для компании.

Средний - реализация риска может привести к среднему снижению стоимости компании, незначительному репутационному ущербу, однако не потребовать дополнительных расходов со стороны компании.

Низкий - Реализация рисков в данной категории может привести к незначительному снижению стоимости компании.

Данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных сырьевых материалов и возможное достижение требуемых литейных свойств санитарно - строительных изделий.

4.6 Заключение по разделу

В ходе полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имевшееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам. В данном разделе проанализировали все плюсы и минусы данной работы, с точки зрения экономической части. Сформулировали цели и ожидаемые результаты. Основным преимуществом проекта, которое необходимо развивать, является использование местного сырья и частичный отказ от привозного, так же поиск оптимальной добавки при использовании которой шликер будет соответствовать всем литейным требованиям, которые обеспечат технические характеристики шликера на уровне конкурентных разработок. Проверили ресурсоэффективность, в ходе чего можно сделать вывод, эксперимент является выгодным, так как расход сырья и электроэнергии не значителен. Так же рассчитали амортизацию для оборудования она составила 5165,48руб, заработную плату, накладные расходы для НТИ составляют 43943,59 руб, отчисления на социальные нужды магистранта 29622,69руб.

Приложение А

Раздел 1

Literature review

Раздел 2

Methods for studying the main characteristics of clay raw materials

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ72	Штумпф Анастасия Эдуардовна		

Консультант школы ИШНПТ отделения НОЦ им. Н.М. Кижнера:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Аксёнова Наталия Валерьевна	к.филол.н.		

1. New methods for determining the static and dynamic behaviour of the flow of suspensions containing clay minerals

More than 80 % of kaolin is used as a streaking colour in the ceramics and refractory industry. The remaining 20 % may be ascribed to the paint and synthetics industry [1]. It is often processed as a slurry, in order to apply thin layers on paper or produce homogeneous, complex shapes like vanities or toilets. In common industrial practice, clay mineral-containing slurries are normally controlled by single-value measurement processes using, for example, the Lehmann flow viscometer or the Gallenkamp torsion viscometer. These methods of analysis are quick and need less expenditure than rheological measurements but they cannot reveal strain and time-dependent flow behaviour. This information is of practical relevance in the ceramic industry. Moreover, the influences of both user and temperature lead to failures, which prohibit a proper gauge capability [2]. Although modern rotational and oscillatory rheometers are also used in order to obtain meaningful data describing flow behavior of clay mineral slurries, the measurement procedures and analytical methods are often inconsistent, especially in the ceramics industry. When this relatively new and more precise equipment is used, differences occur in measurements processing, in slurries production, and in the varieties of rheological models used. Consequently, misinterpretations between industrial partners are not uncommon with respect to strain and time-dependent flow behavior. The acquisition of more extensive knowledge of the flow behavior of clay slurries is becoming more pressing, being a consequence of more stringent quality demands and faster production speeds. Furthermore, a precise description of the flow behaviour would allow plant designers to choose correct pipe and conveyor dimensioning. Since colloidal clay mineral dispersions exhibit characteristic differences in flow behavior compared to other colloidal dispersions, they are often described as surprising and unexpected [3]. This paper will focus on new analysis methods development and measurement procedures to determine the strain and time-dependent flow behavior of concentrated kaolinitic slurries. A concentrated clay slurry shows both time and strain-dependent flow behavior, so that it is important for

the quantification to measure each characteristic independently of the other. Conventional measurement procedures for determination of time-dependent flow behavior are the step test [4–5] and the hysteresis area between the ascending and descending shear rate ramp curves [6–7]. The standard method of determining strain-dependent behavior is the shear rate ramp test. It is analyzed by relating it to rheological models, e.g., Ostwald-de-Waele [8] or Herschel-Bulkley [9]. In this test method the shear rate is increased continuously, i.e., from 0.1 to 500 s⁻¹ within 10 min. This acceleration function is mirrored for deceleration back to 0.1 s⁻¹. The main problem with this test is that a continual increase in shear rate forces dispersion structure into unstable network state. A further problem for clay slurries is their memory of the load applied during the filling operation into the rheometer prior to measurement. This is conveyed via the network structure that is built up [6, 10].

1.1 Conventional methods and analysis

The strain-dependent behavior of ceramic slurries is conventionally characterized by a shear-rate ramp test, or the shear rate table test shown in Figs. 1 and 2. The time-dependent flow behavior of ceramic slurries is conventionally tested by a step test, as shown in Fig. 3. The area between the ascending and descending shear stress segments is a quantitative indicator of the time dependency of a slurry. If the descending shear stress curve generates lower values than the ascending shear stress curve, the slurry is thixotropic. The converse, i.e., higher descending values, signifies rheopectic behavior. Unfortunately, this method of analysis can be criticized, since the time-dependent character is just analyzed in motion; the slurry has a time-dependent structure, rather than being in a structural steady state. This leads to a direct dependency of measurement values both on shear rate acceleration and on sample preparation. There is no possibility of a clear separation between time-dependent and strain-dependent contributions with this method. For example, a strongly strain-dependent and weakly time-dependent slurry could result in the same shear stress function as a strongly time-dependent and a weakly strain-dependent slurry. Another test to analyze the time-dependent character of a slurry is the step

test. It is conventionally divided into three parts. The first and third parts are structure reference and structure recovery parts with nearly no strain (very low shear rates or low oscillatory strain). The second part serves as a strain equivalent to an application stress such as in a pipe or a nozzle prior to filling in a pressure-casting process.

1.2 New methods and analysis

The measurement procedure for the step test in this work is given in Table For a definition of the thixotropic or rheopectic behavior, it is important to know about curvature, slope, and viscosity. These three parameters must be coupled with rules and conditions. The lack of simple functional forms for fitting to relaxation functions measured, e.g., logarithmic or polynomial, is problematical. Thixotropic behavior means that the suspension responds with a decreasing viscosity over time for a high shear treatment and with an increasing viscosity over time with nearly no shear treatment. An optimally dispersed clay-containing slurry is defined as having a low thixotropic behavior and low viscosity. The fulfilling of the thixotropic condition in the low shear section is checked as follows. Firstly, maximum viscosity time value within the first 660 s is determined. Secondly, every following viscosity data point is used to calculate the difference between actual and maximum viscosity. The behaviour is thixotropic if the average of these delta values is positive, and rheopectic if this average is negative. To detect possible changes from rheopectic to thixotropic flow behavior, the moment of the lowest delta viscosity value after reaching the maximum value is determined. If the following viscosities are higher than the lowest viscosity within the time interval of 660 s, a change in behavior from rheopectic to thixotropic behavior has taken place. The time-dependent behavior of the high shear section is calculated after 60 s from the high-shear start by calculating the average of the slope values. If these values are positive, the high-shear segment behaves rheopectically and if negative, thixotropic behavior is indicated. The curvature values are separated into segments of 30-s, and the sum within these segments subsequently is calculated. If this sum is within the range the rate of viscosity change is constant, i.e., it changes linearly. The resulting parameters such as the viscosity, curvature, and time-dependent behaviour in important segments are ranked and compared with each

other. Moreover, the optimum with less strict rules is also output, so that users can decide, for example, if they do not need a thixotropic high shear behavior. This test allows a strain-dependent characterization of flow behaviour by eliminating the time dependency. Every shear rate is kept constant until the viscosity equilibrium is reached. The criterion here is that it is not changed more than 1.5 % within 10 s (integration time). The average viscosity within this 10 s integration time is the strain-dependent viscosity at the given shear rate. After this situation is reached, the consecutive viscosity step is applied. This measurement procedure starts with a high shear rate, followed by descending steps to lower shear rates. This helps to reduce bubbles and ensures a dispersed, uniform network structure. If, on the other hand, ascending segments were applied at the outset, it would be necessary to apply a pre-shear rate after the slurry loading process and a subsequent high difference in shear rate. It would be more intensive.

An experimental influence of the deflocculant (calcined soda) is investigated by using the measurement procedures and analytical methods described above in this work. To define the optimal concentration of deflocculant, solids content influence of used kaolin is kept constant and deflocculant concentration is increased in a stepwise manner. Additionally, a slurry close to production conditions has been developed with kaolin, feldspar, and quartz. The most significant information of raw materials used is given in Table 3. Slurry solids content containing kaolin is fixed at 42 mass-%. Production slurry solids content is fixed up to 65 mass-% solid phase, consisting of 50 mass-% kaolin, 25 mass-% feldspar, and 25 mass-% quartz. The measurement series is stopped when the viscosity increases with deflocculant concentration rise, being due to over-deflocculation. Deflocculant concentration was increased within 0.025 mass-% steps related to kaolin solids content and started at the concentration of 0.05 until 0.3 mass-%. Subsequently, the concentration was increased in 0.05 mass-% steps until the optimum was passed. Demineralized water was used as a liquid phase.

Conclusions

In this paper it has been shown that conventional methods of analysis, especially of the step test, can give reliable information about an optimum

deflocculant concentration but cannot provide information about the time-dependent behavior. The user does not gain any information about deflocculant functionality. Furthermore, a procedure has been developed that allows separating time-dependent behavior of the strain-dependent flow behavior. It permits build-up and breakdown structure understanding. It is helpful for production processes design and control in industry. It has been observed that strain-dependent behavior changes from shear thinning in low shear segments to shear thickening at higher shear rates. It is usually found in concrete systems that are highly loaded with solids [11]. From rheological considerations, this should happen at a volume fraction higher than 0.5 (50 %). In this case, the volume fractions are at 0.2175 (21.75 %), and 0.4162 (41.62 %), respectively. The shear thinning behavior can be described by existing structures breakdown and interactions between the clay particles. It may be assumed that thickening behavior on increasing shear stress is due to shear-induced coagulation or to a volume increase associated with the rotation of clay mineral platelets, being caused by partial turbulences. It should be mentioned that, in previous work, the methods of analysis and new procedures have satisfied the R&R criteria, with more than 15 raw materials having been investigated. These methods could be used for quality control purposes, approval process, and for ceramic slurries development concerning the optimal concentration of deflocculant, or alternatively identifying the optimal deflocculant. In the latter case, it leads to a smaller viscosity (or higher solids loading) and thixotropic behavior in both segments. A shortened version for finding the most important rheological properties with decreased run time has also been developed, as shown in Table 8. It allows both tests implementation and runs in about 22 min for production slurries.

2. Slip casting

The method of ceramic dross preparation refers to the technology of fine ceramics and can be used in porcelain and faience items production. Slip casting is a product moulding method of slurries. The dross is poured into a porous plaster mold. Water from the dross under capillary forces penetrates into the pores of the form, and

the solid phase is deposited and packed on the walls (there is a set of the workpiece body). When removing kinetically free water from the suspension layers adjacent to the mold surface, a semi-finished product is formed. The driving force of the process is the difference between the humidity of the gypsum form and the suspension. The liquid, moving to the form under capillary suction forces, transfers solid phase particles. Solid particles concentration at the mold surface increases, thereby increasing sediment layer thickness. Moisture layer reduction is accompanied by workpiece strength increase. After some time, required to set the desired thickness of the skull, the excess of the dross when using the drain method is drained, while the mass transfer of water from the sediment layer continues, there is additional hardening and shrinkage of the workpiece, which facilitate its extraction from the mold. The process of formation on the walls of gypsum molds relatively dense, partially dehydrated sediment, which is the walls of the molded product, is called a set of shards. Shard set stages are: 1) microcurrents under pores suction influence in a plaster form appear after filling in a form in a dross; 2) reaching the surface of the plaster, mold particles of the dross are deposited on it, taking a sealed, oriented position; 3) the resulting material dense layer has low moisture conductivity and slows down moisture moving process from the dross to the gypsum form. Thus, moisture exchange processes take place in a three-layer system: dross, material layer and gypsum.

The limiting stage of the recruitment process is the resistance to moisture transfer layer of the material. After a set of mass to the required thickness, the excess of the dross is removed, the workpiece is pre-dried, then removed from the split mold, dried and fired. A slicker casting method is used to produce thin-walled products or complex-shaped products. A good casting slicker must meet a variety of conflicting requirements such as: 1) sufficiently low viscosity to ensure good flowability; 2) a clean surface of the drain products or high quality liquid products; 3) low settling rate; 4) the possibility of rapid release of the product from the mold; 5) low shrinkage of products during drying and their high strength in the dried state; 6) satisfactory speed set shard; 7) free from foam, gas bubbles and similar inclusions

dross. Thick wall products (sanitary ceramics, lining elements) are formed by liquid casting. The dross is kept in the form until the mold cavity is completely filled with sediment. In the form of periodically add new portions of the dross.

Defects in products casting of [4] are: • cracks that occur during product's stay in the form and after the seizure; reasons: unequal humidity of product and form individual parts, sharp transitions from thin to thick parts, the tendency of the dross to delamination, design flaws of the form; • deformation and damage of products occurs during products of high humidity excavation; • casting spots — occur due to the impact of the jet of the poured dross on the mold wall. Pouring from the bottom eliminates this phenomenon.

3. Injection molding

Injection molding of ceramics plumbing by injection molding allows obtaining strict thickness, which is the same for all parts of the product. It eliminates many negative factors associated with defects appearance in areas with a difference in thickness. The quality of the product largely depends on how well the technological parameters of the casting program correspond to the parameters of slag. For this reason, the key problem of the technology is the production of linings, the properties of which would correspond to rapid formation of structure and strength increase in the burnt mass. Thus, the study of slag rheological stability and effective diluents search are essential problems [1]. The purpose of this work is to control ceramics dross rheological properties used in JSC "Syzran ceramics" for casting resin molds under high pressure, using a combination of components: liquid glass, soda ash and oxyethylidendiphosphonic acid (EDPA) as a diluent. The introduction of OEDPA is based on the fact that it has been effectively used for castings production using conventional ceramics technology. The castings are obtained in three stages: 1) Clay suspension of Stefan Schmidt in a high-speed paddle mixer preparation; 2) A suspension of inert materials preparation by grinding in a ball mill; 3) Clay suspension with a suspension of inert materials and kaolin mixture. This study is associated with the first of the above stages and is associated with complex additives

effect on the structural and mechanical properties of clay suspension. For this purpose, three suspensions (contents, wt.%) are used. The clays were dissolved in a laboratory high-speed paddle mixer. The moisture content in the clay suspension, taken the same for all compositions (35%), was checked by pycnometric method in accordance with suspension density. The temperature of the suspension was maintained at 25.0 °C. 0.1 °C. Thixotropy was determined by the difference between the viscosity of the suspension and the viscosity after 1 or 6 minutes of exposure, suspension № 2 with a complex diluent has undeniable advantages compared to the suspension with a factory diluent. The complex diluent in suspension No. 3 has an even stronger effect on the clay suspension.

In combination with the factory suspension № 1, it does the following: - reduces the dissolution time by more than 2 times; - reduces the viscosity by 0.8 PA/sec; - reduces the thixotropy to minimum values. Thus, the first part of these studies showed that, firstly, an effective complex diluent [2] based on soda and EDFC and, secondly, it is desirable to replace part of the soda with liquid glass. The second part of these studies was to find the optimal composition of the components of a complex diluent. To speed up the search process, we used the full factorial experiment (FFE) method [4]. The FFE matrix was constructed in such a way that previous studies performed for suspension No. 3 were included in it as a point with coordinates +1, +1, +1. A thinner composition containing 0.472% OEDPK, 0.400% soda and 0.057% liquid glass was chosen as the center of the plan. Ranges of oepdk and soda concentrations were $X_1 = 0.100\%$ and $X_3 = 0.015\%$, respectively. The FFE plan, including the experiment at the center of the plan required to verify the adequacy of the regression equation, is presented in Table 2. Two experiments were performed at each point of the plan. Once again, all studies were performed with identical moisture content (35%) and density (1.61 g/cm³) of clay slurry and at a constant temperature of 25 °C.

Complex diluent OEDP - soda significantly improves the structural and mechanical properties of the clay suspension Stefan Schmidt: the viscosity of the

suspension and thixotropy decreases with decreasing dissolution time. Adding a small amount of liquid glass to the complex diluent enhances the action of the diluent. As a result of the research using mathematical planning method it has been found that the liquefying effect of complex additives EDF - salt - liquid glass is observed in a wide range of concentrations. This allows confidently adjusting clay dissolution process in production conditions and obtain suspensions with stable properties.

4. Material preparation

The content in the powder of different fractions (large, medium and small) is called grain, or granulometric composition. Fraction is a range of particle sizes between the specified minimum and maximum values. Powders containing particles of the same size, called monofractive, or monodisperse. According to the dispersion of the particles used, two types of masses are distinguished: fine and coarse-grained. Grain (granulometric) composition is described by the following characteristics: • particle size distribution, • average particle size, • fractional composition, • specific surface value (the ratio of the interfacial surface of the powder to its volume or mass). Granulometric composition of plastic raw materials is determined by sieve, sedimentation, colorimetric methods and the method of determining the specific surface. Sieve method for the determination of granulometric composition is a powder particles dispersion in a dry or wet method of sieves usage. Raw materials for ceramics production are supplied to the factories in the form of different shapes and sizes pieces. Grinding of large and medium-sized pieces is called crushing, and small - grinding. The essence of the grinding process (crushing and grinding) is both in the rupture of a material surface layer, for which the particles binding force is determined by the surface energy, and in the separation of material internal particles, which are interconnected by the volumetric coupling forces. The grinding result is characterized by the degree of grinding n — ratio of the transverse size of the largest pieces before grinding D to the transverse size of the largest pieces after grinding d : $n = D/d$. trials.